HAL
open science

Le contexte géologique des indices de talc de la région de Boumnyebel (Chaîne panafricaine d'Afrique Centrale, Cameroun)

Clément Yonta Ngoune

▶ **To cite this version:**

Clément Yonta Ngoune. Le contexte géologique des indices de talc de la région de Boumnyebel (Chaîne panafricaine d'Afrique Centrale, Cameroun). Sciences de la Terre. Université Henri Poincaré - Nancy 1, 2010. Français. NNT : 2010NAN10007 . tel-01748290

HAL Id: tel-01748290

https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01748290

Submitted on 29 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

Université Yaoundé 1

Faculté des Sciences
Département des
Sciences de la Terre
Matricule: 01F135

C R P G - UPR 2300

Nancy-Université
Université
Henri Poincaré

Faculté des Sciences
UFR STMP
Ecole Doctorale RP2E
N° Etudiant: 26006232

Le contexte géologique des indices de talc de la région de Boumnyebel (Chaîne panafricaine d'Afrique Centrale, Cameroun)

Thèse en co-tutelle présentée et soutenue en vue de l'obtention du:
- Doctorat/Ph.D en Sciences de la Terre, Option : Pétrologie - Géologie Structurale de l'Université de Yaoundé I
- Doctorat en Géosciences de l'Université Henri Poincaré, Nancy I

par:
YONTA NGOUNE Clément
D.E.A en Sciences de la Terre

Sous la co-direction de :

Charles NKOUMBOU
Maître de Conférences
Université de Yaoundé 1

Félix M. TCHOUA
Professeur
Université de Yaoundé 1

Pierre BARBEY
Professeur
Université H. Poincaré, Nancy

Année 2010

Université de Yaoundé I

Faculté des Sciences
Département des
Sciences de la Terre
Matricule: 01F135

C R P G - UPR 2300

Faculté des Sciences
UFR STMP
Ecole Doctorale RP2E
N° Etudiant: 26006232

Contexte géologique des indices de talc de la région de Boumnyebel (chaîne panafricaine d'Afrique Centrale, Cameroun)

Thèse en cotutelle présentée et soutenue le 25 janvier 2010 en vue de l'obtention du Doctorat/Ph.D en Sciences de la Terre (Option : Pétrologie – Géologie Structurale) de l'Université de Yaoundé I, et du Doctorat en Géosciences de l'Université Henri Poincaré, Nancy I

par
Clément YONTA NGOUNE
DEA en sciences de la Terre

Jury :

Pr D. NJOPWOUO, Université de Yaoundé 1,	Président
Pr A. NEDELEC, Université P. Sabatier - Toulouse	Rapporteur
Pr D. GASQUET, Université de Savoie- Chambéry	Rapporteur
Pr E. NJONFANG, Université de Yaoundé 1	Examinateur
Dr-HdR R. TCHAMENI, Université de Ngaoundéré	Examinateur
Pr P. BARBEY, CRPG-CNRS et Nancy-Université	Codirecteur de thèse
Pr M.F. TCHOUA, Université de Yaoundé 1	Codirecteur de thèse
Dr-HdR C. NKOUMBOU, Université de Yaoundé 1	Codirecteur de thèse

DEDICACES

A mon Feu père **NGOUNE Thomas**, de regrettée mémoire.

A ma mère **NZUNE Marie-Thérèse**, pour ton affection et tes conseils.

A la famille **NGOUNE**, pour votre soutien.

A ma feu sœur **NGOUNE Marie-Pascale**, de regrettée mémoire.

REMERCIEMENTS

Le travail présenté dans cette thèse est le résultat des recherches menées de 2003 à 2009 avec l'encadrement et le soutien de nombreuses personnes.

M. Charles NKOUMBOU, Maître de Conférences, Chef d'équipe de Géologie Economique et Environnement au département des Sciences de la Terre de l'Université de Yaoundé I a proposé et guidé ce travail. Ses contributions multiformes ont été précieuses. Je lui exprime ma sincère gratitude.

Professeur Félix TCHOUA a accepté de superviser ce travail. Je lui exprime toute ma reconnaissance.

Ce travail a bénéficié d'un encadrement serré de M. Pierre BARBEY, Professeur à l'Université Henri-Poincaré de Nancy et Chercheur au Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG-CNRS), sur le terrain au Cameroun et au laboratoire en France. Je ne saurai résumer dans ce paragraphe tous les sacrifices qu'il a bien voulu consentir pour l'encadrement scientifique de cette thèse. Je lui suis très reconnaissant pour sa patience inaltérable. Je remercie également Mme N. Le BRETON et le professeur J.-M. Montel qui m'ont donné accès respectivement à la modélisation Thermocalc et aux analyses Th-U-Pb.

Professeur Daniel NJOPWOUO et professeur Jacques YVON m'ont recommandé à l'Agence Universitaire de la Francophonie pour une bourse de recherche. Je leur suis très reconnaissant.

MM. Beban Sammy TCHUMBOW, alors Recteur de l'Université de Yaoundé I, et Jean-Pierre FINANCE, Président de l'Université Henri Poincaré de Nancy I, ont bien voulu m'accorder un cadre de préparation de thèse en cotutelle. Je leur exprime ma sincère gratitude.

L'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) de l'Afrique Centrale m'a octroyé trois années (2006-2009) de bourse entre la France (Nancy) et le Cameroun. Qu'elle reçoive mes sincères remerciements.

Je remercie particulièrement les membres du jury (Pr. Daniel NJOPWOUO, Pr. Pierre BARBEY, Pr. Félix TCHOUA, Pr. Anne NEDELEC, Pr. Dominique GASQUET, Pr. Emmanuel NJONFANG, Pr. Charles NKOUMBOU et Dr-HDR Rigobert TCHAMENI) qui ont bien voulu juger ce travail.

Je remercie les membres du Laboratoire de Magmatisme et de Risques Naturels (LAMRIN) pour leurs nombreuses contributions.

La solidarité des chercheurs du Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG-CNRS) et de l'Université Henri-Poincaré de Nancy (France) m'a été bénéfique.

MM. Emmanuel NSIFA, Paul Désiré NDJIGUI, Dieudonné MINYEM et Hubert MVONDO ont participé à la cartographie. MM. Emmanuel NJONFANG, Dieudonné BITOM, Lucas MOUAFO, Jean-Pierre TCHOUANKOUE, Maurice KWEKAM et Madame Jacqueline TCHAKOUNTE m'ont prodigué des conseils. Je leur exprime ma sincère reconnaissance.

Mes sœurs et frères, Bernadette NGOUNE MELI, Dorothée NGOUNE MAFFO, Thomas NGOUNE FETIO, Bertille NGOUNE NZUKUE, Abbé René WATIO, Célestine NGOUNE MAFFO, Jean-Honoré IMATHA EMAC, Liliane NGOUNE TEMTCHING, Jean-Daniel NGOUNE KEUMBOU, Angèle Dolly NGOUNE KEUMATIO et ceux qui ne sont pas cités ici à cause de l'espace, m’ont accordé leur soutien inlassable. Qu'ils reçoivent mes plus vifs remerciements.

Je remercie ma fiancée Jessie Linda MBOUGUE pour son attention, sa présence et son amour.

Les responsables traditionnels et les habitants de la région de Boumnyebel et ses environs m'ont accordé tout le soutien sur le terrain. Je leur suis très reconnaissant.

Que tous mes camarades et amis qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail soient rassurés de ma sincère gratitude.

Clément YONTA NGOUNE

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTE DES SCIENCES
DÉDICACES i
REMERCIEMENTS ii
TABLE DES MATIÈRES iv
LISTE DES ABREVIATIONS viii
LISTE DES FIGURES vi
LISTE DES TABLEAUX viii
RESUME ix
ABSTRACT x
ABREVIATIONS xi

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE, CADRE NATUREL, METHODES
I.1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 3
I.1.1. Précambrien d'Afrique Centrale 3
I.1.1.1. Un Bref historique 3
I.1.1.2. Le Complexe du Ntem 7
I.1.2. Ensemble Panafricain 11
I.1.2.1. La Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale 11
I.1.2.2. La Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale au Cameroun 12
I.1.2.3. Le Groupe de Yaoundé 14
I.1.2.4. La Série de Bafia 16
I.1.2.5. La Série du Lom 17
I.1.2.6. La Série de Poli 18
I.1.2.7. Modèles géodynamiques de la Chaîne panafricaine 19
I.1.3. Géologie de la région de Boumnyebel : état des connaissances 21
I.1.3.1. Historique sur les indices de talc de la région de Boumnyebel 24
I.1.3.2. Résultats des travaux sur les indices de talc de la région de Boumnyebel 24
I.1.3.3. Etat des connaissances géologiques 25
I.1.3.4. Contexte et objectifs de l'étude 27
I.2. CADRE NATUREL 30
I.2.1. Géographie physique 30
I.2.2. Géographie humaine et économique 31
I.3. METHODES D'ETUDE 32
I.3.1 Terrain 32
I.3.2 Laboratoire 32
I.3.2.1. Microscope optique 34
I.3.2.2. Microscope électronique à Balayage (MEB) 34
I.3.2.3. Méthodes spectrométriques: ICP-AES et ICP-MS 34
I.3.2.4. Analyse chimique par microsonde électronique (sauf monazite) 35
I.3.2.5. Analyse des monazites 36
I.3.2.5.1. Buts et principes de la géochronologie 36
I.3.2.5.2. Principe de la méthode de datation U-Th-Pb sur monazite 38
I.3.2.5.3. Conditions d'analyse des monazites 39

CHAPITRE II : CARTOGRAPHIE ET CARACTERISATION DES ENSEMBLES LITHOLOGIQUES - DETERMINATION DE LA SERIE ORIGINELLE 40
II.1. CARTOGRAPHIE DE LA REGION DE BOUMNYEBEL 41
II.1.1. Carte d'affleurements et d'échantillonnage 42
II.1.2. Carte lithostructurale et principaux éléments structuraux 45
II.1.3. Conclusion 53
II.2. CARACTERISATION DES ENSEMBLES LITHOLOGIQUES 55
II.2.1 Ensemble des orthogneiss et roches associées (Paléoprotérozoïque 56
II.2.1.1. Caractérisation pétrographique 56
II.2.1.2. Compositions chimiques et nature des roches initiales 60

II.2.2 Amphibolites et roches associées (Panafricain) 63
II.2.2.1. Description pétrographique des amphibolites et des roches associées 63
II.2.2.2. Composition chimique des amphibolites et des roches associées panafricaines 71
II.2.3. Métagabbros à grenat et roches ultramafiques (Panafricain) 78
II.2.3.1. Description pétrographique des métagabbros à grenat de Mamb et des roches associées 78
II.2.3.2. Composition chimique des métagabbros à grenat et des roches associées 82
II.2.3.3. Description pétrographique des hornblendites et pyroxénites 90
II.2.3.4. Composition chimique des pyroxénites et hornblendites 90
II.2.3.5. Talcschistes et roches associées 98
II.2.3.6. Composition chimique des talcschistes et des roches associées 104
II.2.4. Micaschistes et roches associées (Panafricain) 116
II.2.4.1 Micaschistes à grenat et micaschistes à grenat-chlorite 116
II.2.4.2. Micaschistes à grenat-disthène et migmatites à grenat-disthène 118
II.2.4.3. Autres roches 124
II.2.4.4. Compositions chimiques et nature des roches initiales 125
II.3. DISCUSSION ET CONCLUSION 137
II.3.1. Micaschistes et série métasédimentaire initiale 138
II.3.2. Roches mafiques et ultramafiques et contexte géodynamique 140
II.3.3. Roches quartzofeldspathiques en filons et sills 141
II.3.4. Conclusion 142

CHAPITRE III : CONDITIONS ET AGE DU METAMORPHISME 143
III.1. INTRODUCTION 143
III.2. PARAGENESES ET COMPOSITION DES MINERAUX 144
III.2.1. Formations paléoprotérozoïques 144
III.2.1.1. Orthogneiss à biotite 146
III.2.1.2. Amphibolites à grenat 148
III.2.2. Amphibolites panafricaines et roches associées 150
III.2.3. Roches mafiques et ultramafiques 157
III.2.4. Micaschistes et roches associées 166
III.2.4.1. Zonation des porphyroblastes de grenat 171
III.2.4.2. Micaschistes et migmatites 175
III.2.4.3. Autres faciès associés 177
III.2.5. Granites 178
III.3. ESTIMATION DES CONDITIONS P-T ET DE L'AGE DU PIC METAMORPHIQUE
III.3.1. Données thermobarométriques 180
III.3.2. Modélisation THERMOCALC 189
III.4. ESTIMATION DE L'AGE DU METAMORPHISME 191
III.4.1. Monazite des micaschistes à grenat-disthène 191
III.4.2. Résultats 192
III.5. CONCLUSION 193

CHAPITRE IV: SYNTHESE ET DISCUSSION 195
IV.1. SYNTHESE DES RESULTATS 195
IV.2. DISCUSSION 198
IV.2.1 Formations paléoprotérozoïques (groupe du Nyong) 198
IV.2.2 Formations panafricaines 199
IV.2.2.1. Géométrie des indices de talc 200
IV.2.2.2. Nature et signification des protolites des séries panafricaines 200
IV.2.2.3. Interprétation de la phase D2, nature et âge du métamorphisme 202
IV.2.2.4. Localisation de la zone de suture de la chaîne panafricaine d'Afrique centrale 203
IV.3. CONTRAINTES A L'ELABORATION DE TOUT MODELE 204

CONCLUSION GENERALE 208
BIBLIOGRAPHIE 210
ANNEXES

LISTES DES FIGURES

CHAPITRE I: REVUE DE LA LITTERATURE, CADRE NATUREL, METHODES

Figure 1. Localisation de la région de Boumnyebel dans la ceinture Panafricaine-Brésilienne (modifiée d'après Castaing et al., 1993) 5
Figure 2. Localisation de la région d'étude dans la carte géologique du Sud-Ouest du Cameroun (d'après Maurizot et al., 1986) 20
Figure 3. Carte topographique de la région de Boumnyebel 22
Figure 4. Carte géologique du Cameroun (d'après Toteu et al., 2001) montrant les grands ensembles lithologiques 23

CHAPITRE II: CARTOGRAPHIE, CARACTERISATION DES ENSEMBLES LITHOLOGIQUES ET DETERMINATION DE LA NATURE DE LA SERIE ORIGINELLE

Figure 5. Carte d'affleurement et d'échantillonnage de la région de Boumnyebel 43
Figure 6. Carte géologique de la région de Boumnyebel 44
Figure 7. Carte de foliation de la région de Boumnyebel et traces de cette foliation 46
Figure 8. Stéréogrammes des pôles de foliation dans les différents secteurs de la région d'étude 47
Figure 9. Carte des linéations de la région de Boumnyebel 48
Figure 10. Stéréogrammes des pôles de linéation dans les différents secteurs de la région d'étude 49
Figure 11. (a), (b) stéréogrammes des pôles de plans de diaclases; (c) et (d): rosaces de distribution des diaclases dans la région d'étude 50
Figure 12. Carte des linéaments de la région d'étude réalisée à partir du réseau hydrographique et contacts géologiques 51
Figure 13. Microphotographies des orthogneiss à biotite et des amphibolites à grenat paléoprotérozoïques 58
Figure 14. Diagrammes chimiques des orthogneiss à biotite (groupe Nyong) et des orthogneiss de Sangmélima utilisés pour comparaison 61
Figure 15. Planches photo des amphibolites panafricaines 67
Figure 16. Positions des amphibolites panafricaines dans des diagrammes chimiques 72
Figure 17. Diagrammes des REE normalisées aux chondrites (McDonough et Sun, 1995) et multiélémentaires normalisés au manteau primitif (Sun et McDonough, 1989) pour les amphibolites panafricaines à grenat et à épidote de la région de Boumnyebel 74
Figure 18. Spectres multiélémentaires (a) des amphibolites à grenat de Yaoundé (Owona, 2008) ; (b) des dolérites et basaltes des séries du Dja inférieur, Yokadouma et de Nola (Vicat et al., 1997 ; et (c) des MORB (mid-oceanic ridge basalt; Holland et Turekian, 2004), N-MORB, E-MORB et OIB (Sun et McDonough, 1989), DMM (depleted mantle; Workman et Hart, 2005), basaltes des arcs océaniques et basaltes des arcs continentaux (Holland et Turekian, 2004). Normalisation selon Sun et McDonough (1989) 76
Figure 19. Photographies des métagabbros à grenat de Mamb (tranchée routière) 80
Figure 20. Microphotographies des métagabbros à grenat de Mamb (tranchée routière) 81
Figure 21. Diagrammes chimiques pour les métagabbros à grenat de Mamb et les roches associées (hornblendites et biotitites en veines dans les métagabbros à grenat) 87
Figure 22. Spectres des terres rares (a) et multiélémentaires (b) des métagabbros à grenat de la région de Boumnyebel 89
Figure 23. Photos des pyroxénites et hornblendites 92
Figure 24. Diagrammes chimiques pour les pyroxénites à hornblende et hornblendites à épidote 95
Figure 25. Spectres des terres rares et multiélémentaires des hornblendites et pyroxénites 97
Figure 26. Photos talcschistes à l'affleurement 102
Figure 27. Photos talcschistes en lames minces 103
Figure 28. Diagrammes chimiques pour les talcschistes, serpentinites, trémolitite et épidotite de la région de Boumnyebel 109
Figure 29. Spectres des terres rares des talcschistes et roches associées de la région de Boumnyebel 112
Figure 30. Spectres multiélémentaires des talcschistes et roches associées de la région de Boumnyebel 114
Figure 31. Micaschistes à l'affleurement 122
Figure 32. Micaschistes en lames minces 123
Figure 33.(a) à (e) Corrélations élémentaires (Al_2O_3-SiO_2, MgO-SiO_2, Zr-SiO_2, TiO_2-Fe_2O_3 et K_2O-Al_2O_3) dans les micaschistes à muscovite-biotite-grenat et dans les micaschistes à muscovite-biotite-grenat-disthène.

(f) Caractérisation chimique des métagranites de la région de Boumnyebel (Shand, 1943; White and Chapell, 1977) 129
Figure 34. Diagrammes de classification et de discrimination des contextes géotectoniques des métasédiments de la région de Boumnyebel et d'un échantillon de migmatite de Yaoundé 131
Figure 35. Spectres des terres rares des micaschistes, migmatites et roches associées de la région de Boumnyebel. Normalisation selon McDonough et Sun (1995) 133
Figure 36. Spectres multiélémentaires des micaschistes, migmatites et roches associées de la région de Boumnyebel. Normalisation selon McDonough et Sun (1995) 135

CHAPITRE III: CONDITIONS ET AGE DU METAMORPHISME
Figure 37. Exemples de relations de phases dans les orthogneiss (Limoug Lihog) et amphibolites (Mapan) paléoprotérozoïques à proximité du contact avec les formations panafricaines 145
Figure 38. Composition chimique des principaux minéraux des formations paléoprotérozoïques 147
Figure 39. Profils de composition dans un grenat zoné des amphibolites paléoprotérozoïques de Mapan 148
Figure 40. Image MEB en électrons rétrodiffusés des oxydes des amphibolites paléoprotérozoïques 149
Figure 41. Microphotographies des amphibolites panafricaines 151
Figure 42. Composition chimique des minéraux essentiels des amphibolites, gneiss à amphibole et gneiss à biotite panafricaines dans différents diagrammes de nomenclatures des minéraux 153
Figure 43. Profils de zonation dans un cristal de grenat d'une amphibolite de Bibodi 155
Figure 44. Profil de zonation d'une épidote dans les gneiss à amphibole-grenat-épidote de Nsimé-Kellé 156
Figure 45. Microphotographies des assemblages minéraux dans les métagabbros de Mamb 158
Figure 46. Composition chimique des minéraux essentiels des roches mafiques et ultramafiques et des roches associées dans différents diagrammes de nomenclatures des minéraux 161
Figure 47. Microphotographies des assemblages de minéraux dans les pyroxénites et hornblendites 162
Figure 48. Microphotographies des minéraux dans les talcschistes et marbres de Henguégué 163
Figure 49. Microphotographies des schistes de la région de Boumnyebel 167
Figure 50. Microphotographies des schistes de la région de Boumnyebel (suite) 168
Figure 51. Composition chimique des minéraux essentiels des micaschistes et roches associées 169
Figure 52. Profils longitudinal et transversal d'un grenat zoné dans les micaschistes à muscovite-biotite-grenat (éch. PK12) de Pout Kellé 170
Figure 53. Profil longitudinal d'un grenat zoné dans les micaschistes à muscovite-biotite-grenat de Ham (échantillon 08.23) 172
Figure 54. Profil transversal dans un grenat zoné des micaschistes à muscovite-biotite-grenat-disthène de Boga (échantillon BOG7) 173
Figure 55. Profil longitudinal d'un grenat zoné dans les migmatites de Bomb (éch. 08.21) 174
Figure 56. Grille pétrogénétique définissant le domaine P-T du pic métamorphique panafricain dans les formations de Boumnyebel 179
Figure 57. Grille pétrogénétique calculée avec THERMOCALC pour un micaschiste à disthène du massif de Mambé (ST1) 189
Figure 58. Exemple de cristaux de monazite dans les micaschistes à disthène du massif de Mambé 191

CHAPITRE IV: SYNTHESE ET DISCUSSION
Figure 59. Chaîne panafricaine d'Afrique centrale 205

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II: CARTOGRAPHIE, CARACTERISATION DES ENSEMBLES LITHOLOGIQUES ET DETERMINATION DE LA NATURE DE LA SERIE ORIGINELLE

Tableau I. Description microscopique des orthogneiss et des amphibolites paléoprotérozoïques 57
Tableau II. Analyses en roche totale des orthogneiss et amphibolites paléoprotérozoïques 59
Tableau III. Description microscopique des amphibolites panafricaines 65
Tableau IV. Composition chimique en roche totale des amphibolites panafricaines de la région de Boumnyebel 68
Tableau V. Description microscopique des métagabbros de Mamb et des roches associées 79
Tableau VI. Composition chimique des métagabbros à grenat de Mamb et des roches associées 83
Tableau VII. Description microscopique des hornblendites et pyroxénites 91
Tableau VIII. Composition chimique des pyroxénites et hornblendites 93
Tableau IX. Description microscopique des talcschistes et roches associées 99
Tableau X. Description microscopique des talcschistes et roches associées 101
Tableau XI. Composition chimique en roche totale des talcschistes 105
Tableau XII. Description microscopique des micaschistes et roches associées 119
Tableau XIII. Composition chimique en roche totale des micaschistes et roches associées 126

CHAPITRE III: CONDITIONS ET AGE DU METAMORPHISME

Tableau XIV. Paragenèses dans l'ensemble des orthogneiss et amphibolites paléoprotérozoïques 144
Tableau XV. Paragenèses des amphibolites panafricaines 150
Tableau XVI. Paragenèses des roches mafiques et ultramafiques 157
Tableau XVII. Paragenèses des micaschistes et des roches associées 166
Tableau XVIII. Données et températures pour le thermomètre Ti-biotite (Henry et al., 2005) 181
Tableau XIX. Données et températures pour le thermomètre biotite-grenat (Ferry et Spear, 1978) 183
Tableau XX. Données et températures pour le thermomètre biotite-grenat (Holdaway, 2000) 185
Tableau XXI. Données et températures pour le thermomètre hornblende-grenat 187
Tableau XXII. Données U, Th, Pb et âges correspondants obtenus sur des monazites d'un micaschiste et d'une migmatite à disthène de la région de Boumnyebel 192

RESUME

De nouveaux levers cartographiques associés à une étude pétrologique ont permis de mieux définir la nature des formations lithologiques de la région de Boumnyebel et leur signification sur la chaîne panafricaine d'Afrique centrale. Deux ensembles constituent cette région: (i) des formations paléoprotérozoïques constituées d'orthogneiss à biotite et d'amphibolites à grenat localisées au Sud et Sud-ouest, et (ii) des formations panafricaines reposant tectoniquement (nappe) sur les précédentes et appartenant au groupe de Yaoundé. Ces dernières sont constituées dans leur partie inférieure de micaschistes à grenat associés à des amphibolites, des métagabbros à grenat, des hornblendites et des pyroxénites en proportions significatives, et vers le haut de micaschistes à grenat-disthène localement associés à des marbres et des amphibolites. Des talcschistes s'intercalent en niveaux discontinus (≤30 m) entre ces deux ensembles. Une nouvelle carte géologique est présentée. La nature des faciès lithologiques de la partie inférieure de cette nappe suggère l'existence d'une marge active à proximité d'une croûte continentale (environnement d'arc ou d'arrière-arc), alors que la partie supérieure suggère plutôt un apport de sédiments en provenance d'une croûte continentale soumise à l'érosion. Le métamorphisme dans les formations panafricaines est de faciès amphibolite et il atteint la fusion (migmatites) au Nord-est de la région étudiée. Le pic métamorphique (syn-D2) est estimé à ~ 650-670°C / ~ 9.5 kbar vers 620 Ma (datation Th-U-Pb sur monazite) et les isogrades sont en position normale. Ceci suggère que le pic thermique est postérieur à la mise en place de la nappe et qu'il pourrait être associé à une extension comme antérieurement suggéré. Une empreinte du métamorphisme panafricain sur les formations paléoprotérozoïques est visible à proximité du contact. Il faut souligner, enfin, que l'abondance des roches mafiques et ultramafiques de nature tholéïtique dans la partie inférieure de la série repose la question de l'existence d'une marge active au Nord du craton du Congo durant le Néoprotérozoïque.

Mots clés: Chaîne panafricaine, Sud-Cameroun, Groupe de Yaoundé, Talcschiste, Métasédiments, Métamorphisme

ABSTRACT

New field work and petrological studies in the Boumnyebel area has led us to a better identification of the rock types and to discuss their bearing on the evolution of the Pan-African fold belt of central Africa. The area consists of two main units: (i) Palaeoproterozoic rocks consisting of biotite orthogneisses and garnet amphibolites restricted to the south and southwest; and (ii) Pan-African formations belonging to the Yaoundé group and resting tectonically onto the former ones (nappe). These formations are comprised in their lower part of garnet micaschists associated with amphibolites, metagabbros, hornblendites and pyroxenites in significant proportions, and towards their top of garnet + kyanite micaschists locally associated with marble and amphibolites. Talcschists occurs as discontinuous ≤30 m thick layers mainly above the lower micaschists. We present a new geological map of this area. The rock types in the lower part of this nappe suggest active margin environments with detrital input from a nearby continental crust (arc or back-arc context), whereas in the upper part they rather suggest detrital input from a nearby continental crust submitted to erosion. Metamorphism in the Pan-African formations corresponds to amphibolite facies conditions, reaching anatexis to the NW of the area studied (garnet + kyanite migmatites). The metamorphic peak (syn-D2) is estimated at ~ 650-670°C / ~ 9.5 kbar at ca. 620 Ma (monazite Th-U-Pb data), and the isograds are in normal positions. These data suggest that the thermal peak postdate nappe emplacement and is likely to be associated with extension as formerly proposed. The metamorphic imprint on the Palaeoproterozoic formations is visible in the close vicinity of the contact with the Pan-African rocks. We emphasize that the presence in significant proportions of mafic and ultramafic rocks of tholeiitic affinity in the lower part of the series suggests the existence of an active margin to the North of the Congo craton during the Neoproterozoic.

Keywords: Pan-African belt; South-Cameroon, Yaoundé group, Talcschist, Metasediments, Metamorphism

ABREVIATIONS

Abréviations pour les minéraux

Ab: albite
Act: actinote
Adr: andradite
All: allanite
Alm: almandin
An: anorthite
And: andalousite
Ank: ankérite
Ann: annite
Ap: apatite
Ath: anthophyllite
Bt: biotite
Cal: calcite
Chl: chlorite
Chr: chromite
Cpx: clinopyroxène
Crd: cordiérite
Di: diopside
Dol: dolomite
Ep: épidote
Fds: feldspaths
Gr: graphite
Grs: grossulaire
Grt: grenat
Hbl: hornblende
Ilm: ilménite
Kfs: feldspaths potassiques
Ky: disthène
Mc: microcline
Mgt: magnétite
Mnz: monazite
Mu: muscovite
Ol: olivine
Opx: orthopyroxène
Or: orthose
Ox: oxydes
Phl: phlogopite
Pl: plagioclase
Prp: pyrope
Px: pyroxène
Py: pyrite
Qtz: quartz
Rt: rutile
Scp: scapolite
Sé: séricite
Sil: sillimanite
Spn: sphène
Srp: serpentine
Tlc: talc
Tr: trémolite
Trm: tourmaline
Ts: tschermakite
Zrn: zircon

Autres abréviations

a.p.f.u: atome par formule unité
B2: boudinage 2
BIF: banded iron formation
C2: cisaillement 2
D1: première phase de déformation
D2: deuxième phase de déformation
D3: troisième phase de déformation
D4: quatrième phase de déformation
éch.: échantillon
E-MORB: MORB enrichi
fig.: figure
HFSE: high field strength element
HP: haute pression
HT: haute température
inc.: inclusion
KD: coefficient de distribution
LN ou LP: lumière naturelle ou polarisée
LPA: lumière Polarisée Analysée
MORB: Mid Ocean Ridge Basalt
N-MORB: MORB normal
OIB: Ocean Island Basalt
P2: plis 2
S: schistosité
S0: schistosité initiale
S1: schistosité 1
S2: schistosité 2
S_e: schistosité externe
S_i: schistosité interne
tab.: tableau
TR: Terres Rares
TTG: Tonalite-Trondhjémite-Granodiorite

INTRODUCTION GENERALE

L'évolution crustale précambrienne en Afrique centrale s'étend de l'Archéen au Néoprotérozoïque. A l'Archéen, les témoins de l'orogenèse Libérienne se rencontrent dans le craton du Congo représenté au Cameroun par l'unité du Ntem. Au Paléoprotérozoïque, l'orogenèse Eburnéenne correspond à la ceinture ouest de l'Afrique centrale (Feybesse et *al.*, 1998) représentée au Cameroun par les unités du Nyong et de l'Ayna. Cette évolution crustale se termine au Néoprotérozoïque avec l'orogenèse Panafricaine à l'origine de la zone mobile d'Afrique centrale qui s'étend de la bordure nord du craton de Congo jusqu'à l'Est du Nigéria, englobant le Cameroun, le Tchad, la République de Centre Afrique. Elle se poursuit vers l'Est au Soudan et en Ouganda (Theunissen et *al.*, 1992), et vers l'Ouest jusqu'au Brésil (craton de São Francisco, ceinture transamazonienne) (Caby et *al.*, 1981 ; Teixeira et Figueiredo, 1991). La région de Boumnyebel, objet de notre étude, se situe à la jonction entre les formations archéennes, paléoprotérozoïques (unité du Nyong) et néoprotérozoïques du socle sud camerounais, même si l'essentiel se localise dans la chaîne panafricaine d'Afrique centrale (Nzenti et *al.*, 1988 ; Barbey et *al.*, 1990 ; Toteu et *al.*, 1991 ; Penaye et *al.*, 1993 ; Mvondo et *al.*, 2003 ; Owona, 2008). Cette position lui confère un rôle important pour comprendre les relations entre la chaîne panafricaine et les formations paléoprotérozoïques et archéennes, et pour aborder l'évolution du métamorphisme panafricain. En outre, la présence dans cette région de roches ultramafiques et mafiques à affinités ophiolitiques auxquelles sont associés des indices de talc (Nkoumbou et *al.*, 2006a et 2006b, 2008a, 2008b) est déterminante pour l'interprétation du contexte géodynamique de la ceinture panafricaine d'Afrique centrale.

Au Cameroun, la chaîne panafricaine d'Afrique centrale a fait l'objet de nombreuses études ayant trait à la tectonique et aux roches magmatiques (Nzenti et *al.*, 1988 ; Barbey et *al.*, 1990 ; Tagne Kamga, 2003 ; Ngako et *al.*, 2003 ; Toteu et *al.*, 2004). La plupart concluent que la chaîne panafricaine d'Afrique centrale serait constituée de métasédiments déposés sur un socle continental paléoprotérozoïque, dans un environnement de type marge passive (Nzenti et *al.*, 1988 ; Nzenti, 1998 ; Ngnotué et *al.*, 2003). En dépit des résultats intéressants qui ont amélioré notre compréhension sur l'évolution géodynamique de la chaîne panafricaine d'Afrique centrale, des points d'ombres subsistent, notamment sur : (i) la localisation de la zone de suture de cette chaîne, (ii) l'interprétation de la phase D2 mise en évidence dans la

série de Yaoundé et (iii) la nature originelle et la signification des roches mafiques et ultramafiques de la région de Boumnyebel ; pour ne citer que celles susceptibles d'être abordées dans le cadre de cette étude.

Les travaux engagés dans la région de Boumnyebel ont pour objectif premier de caractériser le contexte géologique des indices de talc de Boumnyebel et d'en cerner la géométrie. Néanmoins, un second objectif est de replacer cette région dans le cadre de la chaîne panafricaine d'Afrique centrale en apportant des éléments de réponses aux différents points énumérés ci-dessus.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons réalisé : (i) la cartographie au 1/50 000ème de la région de Boumnyebel pour comprendre l'organisation des différents ensembles lithologiques, (ii) l'étude pétrologique et géochimique de ces formations pour en comprendre l'origine et l'évolution métamorphique, et (iii) l'étude géochronologique pour préciser l'âge de certaines roches.

L'ensemble des résultats des études que nous avons menées a été organisé en quatre grands chapitres, précédés de cette introduction et suivi d'une conclusion générale :

- le premier chapitre décrit le contexte géographique et géologique, les méthodes et l'objectif de l'étude ;
- le second chapitre est consacré à la cartographie géologique, à la caractérisation des ensembles lithologiques et à la détermination de la nature de la série originelle ;
- le troisième chapitre s'attache à la détermination des conditions et de l'âge du métamorphisme ;
- le quatrième et dernier chapitre est une synthèse suivie d'une discussion.

CHAPITRE I.
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE, CADRE NATUREL, METHODES

I.1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

L'objectif de cette partie est de faire le point des connaissances sur le contexte de l'étude envisagée, tant à l'échelle régionale (Précambrien d'Afrique centrale, ensemble panafricain), que locale (géologie de la région de Boumnyebel).

I.1.1. Le Précambrien d'Afrique centrale

Le Précambrien d'Afrique centrale comprend des formations géologiques dont l'âge s'étale du Paléoarchéen au Néoprotérozoïque tardif. L'évolution crustale archéenne (craton du Congo) et paléoprotérozoïque (ceinture d'Afrique centrale) (Feybesse et *al.*, 1998 ; Penaye et *al.*, 2004) est suivie au Néoprotérozoïque par l'orogenèse Panafricaine qui a donné naissance à la chaîne panafricaine d'Afrique centrale. Nous présentons ci-dessous d'une part un historique des études géologiques menées dans cette partie centrale du continent africain, et d'autre part les principaux ensembles du socle camerounais. La chaîne panafricaine sera abordée de façon plus détaillée dans la partie I.1.2 de ce chapitre.

I.1.1.1. Un bref historique

La géologie du Précambrien au Cameroun, au Tchad, en République de Centre Afrique et au Nigéria a été résumée par Bessoles et Trompette (1980), Mestraud (1982) et Trompette (1994). Les études géologiques en Afrique centrale ont commencé au début de la période coloniale et se sont intensifiées après 1945. Elles ont conduit à la publication des cartes géologiques de reconnaissance du Cameroun au 1/1 000 000ème (Gazel et *al.*, 1956), du Tchad au 1/1 500 000ème (Wolff, 1964) et de la RCA au 1/500 000ème (Mestraud, 1964). Néanmoins, la carte synthétique de toute la zone couverte par les colonies françaises, établie au

1/2 000 000ème, était déjà disponible dès le début des années 50 (Nicklés et Hourcq, 1952 ; Gérard, 1958). Ces cartes sont le point de départ des études géochronologiques qui ne comprenaient généralement, à cette époque, que des âges sur minéraux par les méthodes Rb-Sr et K-Ar (Lasserre, 1964 ; Vachette, 1964 ; Roubault et *al.*, 1965 ; Bonhomme et *al.*, 1965 ; Vidal, 1968 ; Weber, 1969). Celles-ci ont, néanmoins, permis la définition de la plupart des unités chronostratigraphiques. Kennedy (1964) en se basant sur les résultats de la géochronologie absolue adopta le terme « Panafricain » pour désigner l'événement thermotectonique majeur qui a affecté le socle précambrien aux environs de 500 Ma dans l'ensemble du continent africain.

Les recherches géologiques au Cameroun ont démarré avec les travaux de Korableff (1937) et de Haugou et Koretzky (1943), qui ont conduit à la réalisation d'une carte de reconnaissance au 1/500 000ème. Cette carte a servi de base à Gazel et *al.* (1956) pour la publication d'une carte géologique de synthèse au 1/1 000 000ème. A la suite des travaux de Kornprobst et al. (1976), Lasserre et Soba (1976), Bessoles et Lasserre (1977), Lasserre et Soba (1979) et Bessoles et Trompette (1980), le socle précambrien camerounais a été subdivisé en deux grands ensembles : le complexe du Ntem et une ceinture mobile.

A la même période, Rocci (1965) et Clifford (1970) montraient que le Panafricain ne résultait pas seulement d'un simple phénomène de réactivation thermique et de rajeunissement du socle précambrien, mais correspondait bien à un cycle orogénique complet. Clifford et Gass (1970) ont aussi montré que certains fragments de ce socle précambrien n'ont pas été repris par l'orogenèse panafricaine. Restés stables depuis l'orogenèse Kibarienne (1200 Ma) ou depuis une orogenèse plus ancienne, ces ensembles ont été nommés cratons. C'est ainsi qu'ont été définis le craton Ouest-Africain, le craton du Congo (fig. 1), le craton du Kalahari et un supposé craton Nilotique, nommé récemment « métacraton saharien »car considéré comme un ensemble recyclé au cours de l'orogènes panafricaine (Abdelsalam et *al.*, 2002).

A la suite de Lasserre (1979), les roches cristallophylliennes issues de l'orogenèse panafricaine, ainsi que les granitoïdes mis en place à la fin de cette orogenèse, ont été considérées comme correspondant à des zones mobiles. Cela a abouti à l'individualisation de plusieurs segments à travers le continent africain (fig. 1), notamment :

(i) la zone mobile d'Afrique de l'Ouest qui s'étend tout autour du craton ouest-africain et qui constitue la chaîne transsaharienne ; elle a été interprétée par Caby et *al.* (1981)

comme une chaîne de collision continentale résultant du télescopage entre le craton ouest-africain et le bouclier Touareg-Nigeria au Protérozoïque supérieur ;

(ii) la zone mobile d'Afrique de l'Est qui limite le craton du Congo au nord-est ; cette chaîne reste géographiquement liée à la zone mobile d'Afrique Centrale et a été interprétée par Poidevin (1983) comme une chaîne de collision continentale ;

(iii) la zone mobile d'Afrique Centrale qui limite le craton du Congo au nord et se poursuit au nord-est du Brésil par la chaîne de Sergipano (Kennedy, 1964; Oliveira et *al.*, 2006) ; elle est interprétée comme une chaîne de collision continent à continent qui implique le craton du Congo et le domaine cratonique nord de l'Adamaoua-Yadé (Boukéké, 1994) ou la bordure active du centre-nord du Cameroun (par exemple: Toteu et *al.*, 2004 ; Ngako et *al.* 2008).

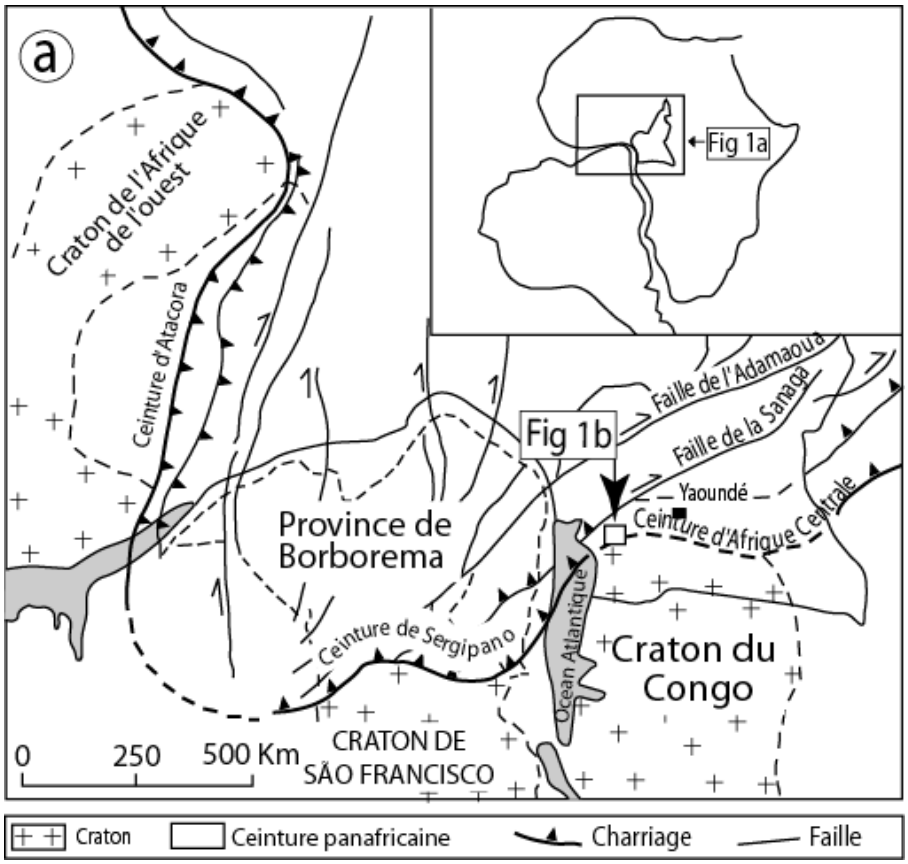


Figure 1. Localisation de la région de Boumnyebel (carré blanc) dans la ceinture Panafricaine-Brésilienne (modifiée d'après Castaing et *al.*, 1993).

Les reliques de ceintures paléoprotérozoïques sont faiblement représentées (Penaye et *al.*, 2004), excepté dans la ceinture de l'Ubendien en Afrique de l'Est (Theunissen et *al.*, 1992 ; Lenoir et *al.*, 1994).

Les résultats récents sur la partie ouest du craton du Congo et sur la partie nord-est du craton de São Francisco au Brésil (Ledru et *al.,* 1989, 1994 ; Teixeira et Figueiredo, 1991 ; Toteu et *al.,* 1994 ; Van Schmus et *al.,* 1995 ; D'Agrella-Filho et *al.,* 1996 ; Lerouge et *al.,* 2006) suggèrent que ces segments étaient associés lors de l'orogenèse éburnéo-transamazonienne vers 2,1 Ga.

En Afrique centrale, des roches de faciès granulite ont été identifiées. Il s'agit des formations de Yaoundé dans la partie sud du Cameroun (Nzenti et *al.,* 1984, 1988), des formations d'âge archéen de la partie nord du craton du Congo en RCA (Pin et Poidevin, 1987) et des granulites paléoprotérozoïques localisées au sud-est de Poli (Nord-Cameroun) et décrites par Penaye et *al.* (1989).

Poidevin (1983) définit la ceinture des Oubanguides en RCA. Pour la première fois, une tectonique collisionnelle associée à un métamorphisme de faciès granulite est décrite au nord du craton du Congo (Ball et *al.,* 1984 ; Jégouzo, 1984 ; Nzenti et *al.,* 1984 ; Pin and Poidevin, 1987). Ensuite, plusieurs autres travaux ont été publiés sur différents aspects de la géologie du Précambrien d'Afrique centrale. Les principaux résultats sont présentés ci-dessous :

(i) la définition des principales étapes de l'évolution du complexe du Ntem (Archéen-Paléoprotérozoïque) (Nédélec et Nsifa 1987; Nsifa et Riou, 1990; Nédélec et *al.,* 1993 ; Tchameni, 1997 ; Shang et *al.,* 2004 ; Shang et *al.,* 2007) ;

(ii) la définition de l'événement tectono-métamorphique paléoprotérozoïque dans le groupe du Nyong (Toteu et *al.,* 1994 ; Lerouge et al., 2006) ;

(iii) l'identification des noyaux paléoprotérozoïques préservés dans la ceinture panafricaine (Penaye et *al.,* 1989; 2004) ;

(iv) la caractérisation des granitoïdes post-collisionnels, particulièrement à l'Ouest du Cameroun (Tagne Kamga, 2003 ; Djouka Fonkwé et *al.,* 2008 ; Njiekak et *al.,* 2008 ; Kwékam et al., 2009) et à l'Est du Nigéria (Ferré et *al.,* 1998).

Les travaux de Dumont (1986) montrent que deux grandes zones de cisaillement mylonitique dextres, la faille de la Sanaga et le Cisaillement Centre Camerounais (CCC) traversent le Cameroun du nord-est au sud-ouest. Ces cisaillements majeurs appartiennent à la zone de décrochement des Oubanguides (Rolin, 1995) qui s'étire de façon continue du Golfe de Guinée au Golfe d'Aden (Cornachia et Dars, 1983).

I.1.1.2. Le Complexe du Ntem

Au Cameroun, la terminaison septentrionale du craton du Congo, encore appelée complexe du Ntem, a été subdivisée en trois unités en fonction de l'âge et de la lithologie: Ntem, Nyong et Ayna. Ces unités constituent le socle des ensembles panafricains. Plus au nord, d'autres unités paléoprotérozoïques se présentent en lames à l'intérieur du Panafricain et rappellent des écailles de socle mises en place au cours d'une tectonique tangentielle (Ngako, 1999). Kamguia et al. (2008), à la suite de l'interprétation de la carte du géoïde du Cameroun affirment que la zone de gradient N-S presque parallèle à la latitude 4°N (qui est la limite nord de notre secteur d'étude) marque la bordure nord du craton du Congo. Nédélec et Nsifa (1987) et Nédélec et *al.* (1990) ont montré que le complexe du Ntem (fig. 2) présente les caractéristiques d'une suite Tonalite-Trondhjémite-Granodiorite (TTG). Ce complexe a subi un métamorphisme dans les conditions du faciès granulite et a été affecté par une rétromorphose entre 2400 et 1800 Ma.

Sur le plan géophysique, Tadjou et *al*. (2008b) ont utilisés la méthode audio-magnétotellurique pour étudier la limite majeure, au sud du Cameroun, entre le craton du Congo et la chaîne panafricaine d'Afrique centrale. Ils ont utilisés les valeurs du calcul du coefficient d'anisotropie pour déterminer la nature des formations rocheuses dans les régions d'Akono, Evindissi, Akonolinga et Abong Mbang. Dans les localités d'Akono et d'Evindissi (complexe du Ntem), les deux discontinuités mises en évidence par Manguelle Dicoum et *al*. (1992) puis par Tadjou et *al*. (2004), sont considérées par Tadjou et *al*. (2008b) comme représentant une fracture (du substratum) intra-granitique pour l'une et l'autre comme un contact vers le Nord entre schiste et granite pour l'autre. Ces auteurs ajoutent que ces deux discontinuités sont de direction générale E-W. La carte des courbes d'iso-anisotropies du profil d'Evindissi montre trois portions avec des courbes peu distribuées séparées par deux portions de forte densité. Il y a une interconnexion entre ces portions à différentes profondeurs, montrant qu'elles peuvent avoir la même origine. Les auteurs interprètent aussi le contact nord dans la zone Akonolinga-Abong Mbang comme représentant une discontinuité majeure qui peut être considérée comme une suture entre le craton du Congo au sud et la chaîne panafricaine d'Afrique centrale au nord. Les travaux de prospection géophysique de la zone de transition entre le craton du Congo et la chaîne panafricaine au Cameroun (Tadjou et al., 2008b) ont respectivement porté sur les localités d'Akono et Evindissi (craton du Congo) et d'Abong Mbang et Akonolinga (ceinture panafricaine). Ces travaux mettent en évidence une dislocation tectonique majeure et profonde dans la région Abong Mbang-Akonolinga de

direction principale E-W. L'épaisseur verticale limitée de la croûte dans la région d'Akonolinga suggère qu'elle proviendrait d'une subsidence. Les coefficients d'anisotropie supérieurs à 2 indiquent pour les localités d'Akono et Evindissi que les roches de subsurface (peu profondes) proviennent d'une intense activité tectonique. Cette activité à conduit à la mise en place d'intrusions de magnitude indéterminée.

Par ailleurs, une étude gravitaire a été effectuée au sud du Cameroun, le long de la limite nord du craton du Congo (Complexe du Ntem) avec la chaîne panafricaine d'Afrique centrale (groupe de Yaoundé). Les résultats de cette étude couplés aux résultats de l'analyse spectrale 2D ont permis d'identifier les structures profondes et la profondeur des discontinuités structurales majeures. C'est ainsi que la profondeur moyenne du Moho a été évaluée à 47 km au sud Cameroun (Tadjou et *al*., 2009). La modélisation 2D1/2 fournit des images qui révèlent que la croûte du craton du Congo (complexe du Ntem) est relativement épaisse et constituée essentiellement de roches de faible densité alors que les roches de la chaîne panafricaine d'Afrique centrale (groupe de Yaoundé) sont en majorité relativement denses. Les images issues de cette modélisation suggèrent que la zone de faille juxtapose dans la croûte, à presque 20 km de profondeur, le domaine panafricain de forte densité au nord et le domaine archéen de faible densité au sud (Tadjou et *al*., 2009). Une comparaison des principales caractéristiques de la carte d'anomalies de Bouguer et de la carte géologique du Sud Cameroun indique que la zone de Bengbis (entre Ayos et Djoum) qui présente une anomalie négative avec une amplitude minimale approximative de -100 mGal, est constituée de schiste et de quartzite.

L'unité du Ntem (Archéen) – Elle comprend une série rubanée, des reliques de ceintures de roches vertes et un complexe intrusif. Le complexe intrusif se met en place vers 2.9 Ga (Delhal et Ledent, 1975 ; Lasserre et Soba, 1976 ; Cahen et *al.*, 1994 ; Toteu et *al.*, 1994 ; Tchameni, 1997 ; Shang et *al.*, 2004 ; Shang et *al.*, 2007). Il affleure au nord de l'unité du Ntem et est essentiellement composé de TTG et de granites charnockitiques (Pouclet et *al.*, 2007) associés à de rares syénites à orthopyroxène. Les charnockites apparaissent comme des corps distincts dans le complexe intrusif et sont datées à ~ 2.83 Ga (Pouclet et *al.*, 2007 ; Talla Takam et *al.*, 2009).

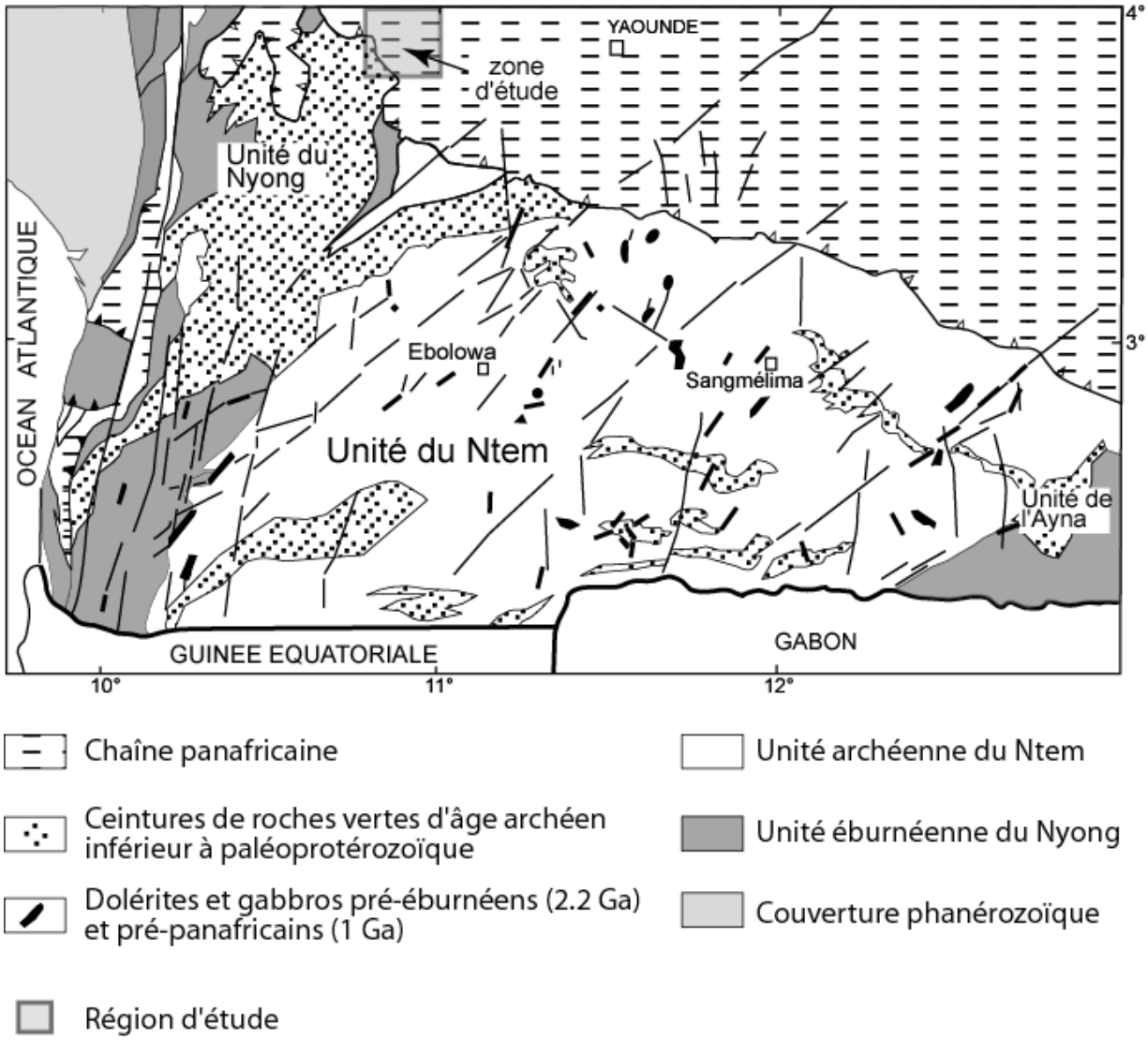


Figure 2. Carte géologique du sud-ouest du Cameroun (d'après Maurizot et *al.*, 1986) et localisation de la région d'étude.

La série rubanée se localise entre le complexe intrusif charnockitique et la ceinture de roches vertes de Lolodorf. Il s'agit d'un ensemble gneissique très déformé dans lequel sont distingués des gneiss charnockitiques, des leptynites et des gneiss à silicates d'alumine. La déformation de la série rubanée est rattachée à une phase ultime libérienne (2.5 Ga ; Vicat et *al.*, 1998b). Talla Takam et *al.* (2009) décrivent aussi une extension de la série rubanée au sud de l'unité du Ntem, constituée essentiellement de gneiss granitiques très déformés.

Les roches vertes d'âge archéen inférieur sont des amphibolites et granulites interprétées comme des restes de roches supracrustales (Tchameni et *al.*, 2004). Leur composition chimique renvoie aux termes tholéiitiques et calco-alcalins. Les dolérites pré-panafricaines qui recoupent les ceintures de roches vertes ont été rattachées à une phase distensive pré-

panafricaine à l'origine de l'ouverture des fossés néoprotérozoïques au sein du craton du Congo (Vicat et *al.*, 1995, 1996). La mise en place, vers 2.6 Ga, de granitoïdes variés non charnockitiques clôt l'histoire archéenne (Tchameni, 1997).

L'unité du Nyong (Paléoprotérozoïque) – Elle correspond à la bordure ouest du craton du Congo. L'unité du Nyong est caractérisée par une foliation régionale plate et composite (S_1/S_2) qui résulte de la transposition d'une foliation S_1 par des plis isoclinaux P2. A une déformation D1 (Maurizot et *al.*, 1986) s'est superposée une déformation D2, datée à 2 Ga et attribuée au Birimien (Feybesse et al., 1986 ; Toteu et *al.*, 1994). Elle comprend :

(i) des métasédiments et des méta-volcanosédiments qui pourraient correspondre aux reliques de ceintures de roches vertes ; ils renferment des gneiss à orthopyroxène, des pyroxéno-amphibolites riches en grenat, des formations rubanées ferrifères (BIF), des métavolcanites basiques et ultrabasiques ;

(ii) des gneiss gris migmatiques à composition de TTG ;

(iii) des charnockites syn- à tardi-tectoniques, des métadiorites et des syénites ;

(iv) des métadolérites post-tectoniques (Penaye et *al.*, 2004).

Les ceintures de roches vertes de cette unité ne diffèrent pas fondamentalement de celles de l'unité du Ntem. Nédélec et *al.* (1993) montrent que l'unité du Nyong renferme de larges portions de TTG archéens recyclés sous des conditions de HP-HT au Paléoprotérozoïque (transition entre le faciès amphibolite et le faciès granulite : 750°C, 9 kbar). Toteu et *al.* (1994) considèrent que la série du Nyong se serait formée au Paléoprotérozoïque à la suite d'une collision entre le craton du Congo et le craton de São Francisco au Brésil, interprétation corroborée par les travaux géochronologiques de Tchameni (1997) dans la région d'Ebolowa. Penaye et *al.* (2004) donnent un âge de 2.1 Ga à cette série du Nyong et la considère comme une croûte archéenne recyclée, alors que les reliques paléoprotérozoïques affleurant plus au nord dans la chaîne panafricaine pourraient représenter une croûte nouvellement formée au Paléoprotérozoïque (Birimien). Une tectonique tangentielle à vergence sud-est aurait entraîné le chevauchement de l'unité du Nyong sur l'unité du Ntem. L'évolution paléoprotérozoïque se caractérise donc d'après les auteurs par le développement d'une tectonique en nappe et par un métamorphisme du faciès granulite affectant un domaine archéen recyclé et des sédiments d'âge paléoprotérozoïque (Penaye et *al.*, 2004). Lerouge et *al.* (2006) montrent à partir de datations SHRIMP sur zircons que l'unité du Nyong s'est formée au cours de l'orogenèse éburnéenne et suppose tout un cycle de Wilson.

L'âge de la sédimentation dans cette unité est estimé autour de 2.4 Ga (Lerouge et *al.*, 2006), et la mise en place des roches basiques à ultrabasiques vers 2100 Ma. L'unité du Nyong est affectée par un métamorphisme synchrone de la mise en place des granitoïdes syntectoniques autour de 2.05 Ga (Toteu et *al*., 1994; Lerouge et *al*., 2006). Cette unité est affectée, au moins sur sa bordure, par la déformation et le métamorphisme panafricains (Penaye et *al*., 2004; ce travail) et datés autour de 600 Ma (Toteu et *al*., 1994; Lerouge et *al*., 2006). En accord avec les données géologiques disponibles dans la région de Kribi-Campo, l'interprétation des cartes d'anomalies gravimétriques permet de déduire que le sous-bassin de Kribi-Campo appartient à un vaste panneau d'anomalies négatives orientées NNE-SSW, allant de Pouma au nord-est à Campo au sud-ouest (Tadjou et *al*., 2008a). Ce panneau constitue un couloir tectonique majeur dans la région (Tadjou et *al*., 2008a) – faille de Kribi-Campo (Toteu et *al*., 2001). L'analyse spectrale à deux dimensions a permis de localiser dans le bassin de Kribi-Campo la profondeur des structures anomaliques à 6.5 km pour le toit des formations denses issues du manteau supérieur, 2.5 km pour le toit du socle et 0.8 km pour l'épaisseur des sédiments du bassin (Tadjou et *al*., 2008a). Ces auteurs affirment enfin que la présence de gradients gravimétriques marquant la transition entre les secteurs d'anomalies positives et ceux d'anomalies négatives, semble traduire des discontinuités le long desquelles il y aurait eu affaissement du socle par flexure ou faille suivant la direction NNE-SSW.

L'unité de l'Ayna (Paléoprotérozoïque) – Située à l'Est de l'unité du Ntem, l'unité de l'Ayna reste mal connue. Elle est composée de roches semblables à celles de l'unité du Ntem au sein desquelles la foliation N130°E est reprise par des plis postérieurs N50°E et par de grands couloirs mylonitiques N40°E senestres, attribués à l'orogenèse birimienne (Maurizot et *al.*, 1986). L'unité de l'Ayna est intrudée par des granodiorites datées à 2 Ga (Maurizot et *al.*, 1986). La couverture paléoprotérozoïque du craton du Congo, au sud-est du Cameroun, repose en discordance sur l'unité de l'Ayna et disparaît sous la nappe de Yaoundé (Vicat et *al*., 1998a). Des granitoïdes datés de la fin du Mésoprotérozoïque intrudent la base cette couverture qui est d'âge paléoprotérozoïque. Ils proviennent d'une fusion crustale et sont alignés sur un couloir de décrochement sénestre NS, lié à la tectonique tardi-kibarienne (Vicat et *al.*, 2001).

I.1.2. Ensemble Panafricain

I.1.2.1. La chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale

La chaîne panafricaine d'Afrique Centrale est une vaste portion d'un ensemble qui comprend les ceintures tectoniques panafricaine d'Afrique Centrale, les ceintures brasiliano du NE du Brésil et la chaîne panafricaine transsaharienne (Feybesse et *al.,* 1998 ; Toteu et *al.,* 2001 ; Ngako et *al.,* 2008 ; Affaton et *al.,* 1991 ; Oliveira et *al.,* 2006) (fig. 1). Cette chaîne couvre plusieurs pays d'Afrique centrale (Nigéria, Cameroun, Tchad, République Centrafricaine) et se poursuit vers l'Est au Soudan, en Ouganda et en Tanzanie (Theunissen et *al.,* 1992). Ce domaine correspond à la ceinture d'Afrique Centrale (Bessoles et Trompette, 1980) qui s'est formée lors de la convergence entre le craton ouest-africain, les cratons Congo et São Francisco, et les metacratons Latea et Saharien (Castaing et *al.,* 1994 ; Abdelsalam et *al.,* 2002 ; Liégeois et *al.,* 2003 ; Pouclet et *al.,* 2006). Dans le cadre général de la ceinture panafricaine-brésilienne, une comparaison entre la cinématique et l'âge de la déformation au nord du craton du Congo et à l'Est du craton de l'Afrique de l'Ouest, suggère que l'évolution tectonique générale du domaine mobile panafricain entre les deux cratons a été contrôlée par leurs mouvements relatifs (Toteu et *al.,* 2004). Une carte préliminaire géoréférencée, au 1/2 000 000ème, montre la distribution temporelle et spatiale des principales minéralisations d'Afrique Centrale (Milési et *al.,* 2006).

I.1.2.2. La chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale au Cameroun

Trois grands ensembles ont été distingués dans la chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale au nord du craton du Congo par de nombreux auteurs dont Toteu et *al*. (2004) (fig. 3).

(1) Le domaine septentrional (Ouest et Nord Cameroun) – Il est situé à l'Ouest de la zone de cisaillement Tcholliré-Banyo et s'étend le long de la bordure ouest du Cameroun. Il se poursuit dans les régions de Poli (Toteu et *al.,* 2006) et du Mayo Kebbi au SW du Tchad (Penaye et *al.,* 2006). Il est constitué de gneiss et schistes néoprotérozoïques d'origine volcanique et volcano-sédimentaire considérés comme représentant des arcs magmatiques accrétés au domaine de l'Adamaoua (Penaye et *al.,* 2006 ; Pouclet et *al.,* 2006). Les granitoïdes panafricains pré-, syn- et tardi-tectoniques (diorites, granodiorites et granites) sont abondants et principalement de composition calco-alcaline. Ils se sont mis en place entre 660 et 580 Ma dans la région de Poli (Toteu et *al.,* 1987, 2001) ou entre 737 et 723 Ma dans la

région de Mayo Kebbi (Penaye et *al.*, 2006). De nombreux bassins (série de type Mangbaï par exemple) avec des roches sédimentaires et volcaniques non métamorphisées sont également présents et sont considérés comme des dépôts molassiques de l'orogenèse panafricaine (Béa et *al.*, 1990 ; Montes-Lauar et *al.*, 1997). Ce domaine septentrional peut être considéré comme la prolongation orientale des terrains du Nord-est du Nigéria et des schistes et gneiss du sud-est du Nigéria (Ferré et *al.*, 1996, 2002 ; Ekwueme et Kröner, 1988, 1997). Dans les régions de Tcholliré et de Banyo, les âges de 594-604 Ma obtenus par la méthode U-Pb sur des zones de surcroissances et des domaines recristallisés des zircons, sont interprétés comme datant le métamorphisme granulitique de HP; par contre, les âges paléoprotérozoïques à néoprotérozoïques obtenus dans les cœurs des mêmes zircons sont considérés comme hérités. Ces derniers âges sont confirmés par ceux obtenus par la méthode Sm-Nd sur grenat et sur roche totale par Bouyo et *al.* (2009).

(2) Le domaine central ou domaine de l'Adamaoua-Yadé – Il s'étend au nord de la faille de la Sanaga (Dumont, 1986) jusqu'au cisaillement de Tcholliré-Banyo. Il est constitué :

(i) de larges reliques d'orthogneiss et de métasédiments d'âge paléoprotérozoïque,

(ii) de métasédiments et de roches volcanoclastiques acides,

(iii) de granitoïdes syn- à tardi-tectoniques panafricains (Soba et *al.*, 1991 ; Toteu et *al.*, 1994, 2001 ; Ganwa, 1998 ; Tagne Kamga, 2003 ; Tchameni et *al.*, 2006).

Il est à noter que la série du Lom (vers 700 Ma) et les séries de Bafia (Tchakounté et *al.*, 2007 ; Ganwa et *al.*, 2008) font partie de cet ensemble qui est interprété comme un substratum d'âge archéen à paléoprotérozoïque démantelé pendant l'orogenèse panafricaine et intrudé de batholites panafricains (Penaye et *al.*, 2004 ; Toteu et *al.*, 2004 ; Ganwa et al., 2008b).

Le cisaillement centre camerounais est une structure majeure qui se poursuivrait jusque dans le golfe d'Aden (Cornachia et Dars, 1983) et prolongerait la faille de Pernambuco dans le NE-Brésil (Louis, 1970 ; Njonfang et *al.*, 2008). La géométrie des mylonites de la plaine Tikar suggère que l'extension ouest du cisaillement centre camerounais (cisaillement dextre) ainsi que son prolongement plus au sud, au Brésil, forme un système latéral de zone de cisaillement en échelons (Njonfang et *al.*, 2008). Selon Ngako et *al.* (1991) cet accident transpressif de direction moyenne N70°E séparerait la chaîne panafricaine en deux domaines où la foliation est orientée NS au nord et EW au sud. Les nouveaux âges Th-U-Pb sur monazite (615 ± 27 Ma et 575 Ma) confirment la mise en place tardi-néoprotérozoïque des granitoïdes du centre nord Cameroun (Tchameni et *al.*, 2006).

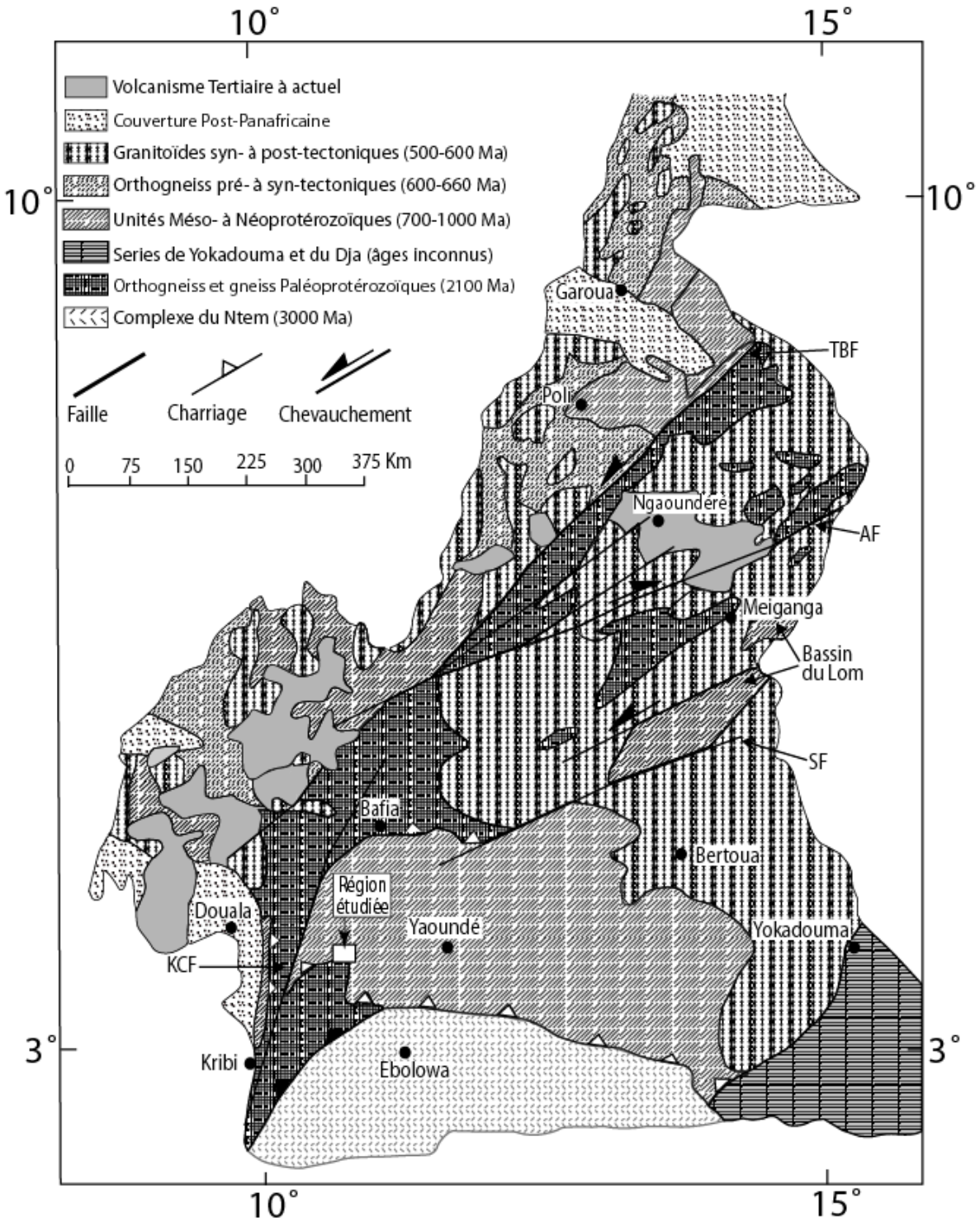


Figure 3. Carte géologique du Cameroun (d'après Toteu et *al.,* 2001) montrant les grands ensembles lithologiques. AF, faille de l'Adamaoua; KCF, faille de Kribi-Campo; SF, faille de la Sanaga; TBF, faille de Tcholliré-Banyo.

Sur le plan tectonique, les domaines de l'Adamaoua-Yadé et Nord Cameroun sont dominés par deux principales phases de déformation. La première (D1) est marquée par une foliation plate associée à des plis isoclinaux et une linéation d'étirement N110°E-N140°E qui est localement bien préservée (Toteu et *al.,* 1991 ; Ngako et *al.,* 1992 ; Nzenti et *al.,* 1992 ; Ferré et *al.,* 1996). La deuxième (D2) est caractérisée par le développement de plis serrés et droits.

Les axes des plis et les linéations minérales (NNE-SSW à NE-SW) sont parallèles et montrent des plongements variables (0°-50°S ou 0°-50°N).

(3) Le domaine méridional – Il comprend le groupe de Yaoundé (Nédélec et *al.,* 1986 ; Nzenti et *al.,* 1988) qui est limité vers l'Ouest par la faille de Kribi-Campo mais se poursuit vers l'Est en RCA dans les séries de Bolé et de Gbaya (Pin and Poidevin, 1987 ; Poidevin, 1991). De nature essentiellement métasédimentaire, il contient aussi des roches plutoniques variées :

(i) des roches mafiques (pyriclasites) à intermédiaires à Yaoundé,

(ii) des roches ultramafiques serpentinisées (Cr et Ni) associées à des gabbros, diorites et dykes mafiques dans la région de Lomié (Yongué Fouateu, 1995 ; Sémé Mouangué, 1998),

(iii) des pyroxénites, amphibolites et talcschistes issus de l'altération hydrothermale de roches ultrabasiques et ultramafiques dans la région de Boumnyebel (Nkoumbou et *al*., 2006a,b; 2008a,b; 2009).

Le trait structural le plus frappant est une structure tectonique en nappe (Ball et *al.,* 1984 ; Nzenti et *al.,* 1984, 1988 ; Nédélec et *al.,* 1986 ; Penaye et *al.,* 1993 ; Toteu et *al.,* 1994 ; Mvondo et *al.,* 2003, 2005 ; Nkoumbou et al., 2006, 2009 ; Yonta et al., 2010). Le métamorphisme de haute pression associé à l'évolution tectonique est prograde et culmine dans le faciès granulite à des températures et pressions supérieures à 750°C et 10 kbar (Nzenti et *al.,* 1988 ; Mvondo et *al.,* 2003 ; Toteu et *al.,* 2004). Une autre caractéristique de ce domaine est la rareté des granitoïdes post- à tardi-tectoniques, à l'exception de la région située entre Yokadouma et Bertoua. Les données géophysiques montrent que le craton du Congo se poursuit sous ce domaine (Toteu et *al*., 2004) peut-être jusqu'à la faille de la Sanaga. Ce domaine méridional est, approximativement, limité dans sa partie nord par le cisaillement de la Sanaga (Dumont, 1986). La série de Bafia repose tectoniquement sur le groupe de Yaoundé.

I.1.2.3. Le groupe de Yaoundé

Le groupe de Yaoundé comprend plusieurs séries qui sont : Ayos, Mbalmayo, Bengbis, Yokadouma et Yaoundé. Nous les décrivons rapidement ci-dessous.

La série de Mbalmayo (Nédélec et *al.,* 1986) **–** Elle comprend des schistes qui jalonnent sur plus de 200 km le contact entre la zone mobile panafricaine d'Afrique Centrale et la bordure

septentrionale du craton du Congo (Complexe du Ntem). Ces schistes sont constitués de trois faciès principaux : des micaschistes à muscovite-chlorite, homogènes constituant l'essentiel de la série, des micaschistes alumineux à muscovite et des quartzites à muscovite. Au sud, leur contact avec le complexe du Ntem est masqué par un accident majeur très redressé (Champetier de Ribes et Aubague, 1956 ; Manguellé-Dicoum, 1992), alors qu'au nord, ils s'enfonceraient sous les micaschistes alumineux de la série de Yaoundé (Nédélec et *al.,* 1986). Les caractères pétrographiques et chimiques de cette série sont ceux d'une série sédimentaire, détritique, argilo-carbonatée, déposée dans un environnement de type plate-forme et métamorphisée dans les conditions du faciès schiste-vert ou du faciès amphibolite. En dépit d'un chimisme moins alumineux, les schistes de Mbalmayo ont été rattachés à la série de Yaoundé. Ils sont affectés par deux phases de déformation (Nédélec et *al.,* 1986). La phase D1 est principalement soulignée par une schistosité S1. La déformation D2 correspond à un épisode de plissement associé à des cisaillements plats à mouvement sud. La singularité des schistes de Mbalmayo est due à leur position en semelle de nappe chevauchant le craton du Congo selon Jegouzo (1984) et Nédélec et *al.* (1986). Les données géophysiques suggèrent que cette série reposerait sur les formations gneissiques du Complexe du Ntem qui s'étendraient assez loin au nord jusqu'à la Sanaga (Manguellé-Dicoum et *al.,* 1986).

Les séries d'Ayos-Bengbis – Elles sont attribuées au même groupe que la série de Mbalmayo (Nédélec et *al.,* 1986). Elles font partie des séries camerounaises autrefois dites intermédiaires, d'âge estimé entre 1.8 et 1.2 Ga (Bessoles et Lasserre, 1977 ; Bessoles et Trompette, 1980). Elles sont essentiellement constituées de chloritoschistes et de quartzites. Leur cadre géodynamique est considéré être celui d'un bassin intracontinental.

La série de Yokadouma (Vicat et *al.,* 1997) **–** Déposée en bordure du craton elle est équivalente aux séries d'Ayos-Mbalmayo-Bengbis. Elle contient des basaltes en coulées interstratifiées, avec un gisement en pillow-lavas typique d'épanchements subaquatiques contemporains de la sédimentation. Des intrusions doléritiques se mettent en place entre 1167 et 850 Ma (Vicat et *al.,* 1997). Ce magmatisme basique, à composition de tholéïtes continentales, est interprété comme la marque d'une extension intracontinentale avec amincissement lithosphérique donnant naissance à une série de rifts intracontinentaux dans lesquels se seraient accumulés des sédiments correspondant actuellement aux séries d'Ayos-Mbalmayo-Bengbis et de Yaoundé (Vicat et *al.,* 1997), suivie d'une fermeture donnant la nappe de Yaoundé vers 620 Ma (Penaye et *al.,* 1993).

La série de Yaoundé – Elle comprend deux unités : une unité métasédimentaire et une unité méta-ignée. L'unité métasédimentaire est constituée essentiellement de gneiss à grenat et disthène et de gneiss à grenat et plagioclase dans lesquels des couches de marbres et de roches à silicates calciques sont intercalées, occasionnellement accompagnées de quartzites et d'orthopyroxénites riches en magnétite. La composition chimique des gneiss et des roches silico-calciques est celle d'une séquence sédimentaire constituée essentiellement de pélites et de grauwackes, mais aussi de roches dolomitiques, d'évaporites et de sédiments riches en quartz et fer. Cette séquence s'est probablement déposée dans des eaux peu profondes et traduirait un environnement intracontinental distensif ou une marge passive à la bordure d'un craton (Nzenti et *al.*, 1988). L'unité méta-ignée est constituée essentiellement de pyriclasites (qui affleurent en larges masses intrudant l'unité métasédimentaire), de pyribolites à grenat, de pyroxénites et de roches riches en biotite (Nzenti et *al.*, 1988).

Les gneiss de Yaoundé ont été déformés au cours de deux principales phases tectoniques : la première (D1) est une tectonique de transposition et la seconde (D2) une tectonique tangentielle pour Nzenti et *al.* (1988). La transition D1-D2 est caractérisée par la mise en place de roches mafiques et ultramafiques et le développement des conditions de haute pression en faciès granulite (T = 750-800°C, P = 10-12 kbar). Pour Mvondo et *al.* (2003), la phase D1 correspondrait à la mise en place des nappes alors que la phase D2 serait représentative d'une extension parallèle à la chaîne et synchrone de la fusion partielle.

La série de Yaoundé a été considérée comme la suture résultant d'une collision au cours de l'orogenèse panafricaine entre, d'une part, le craton du Congo au sud et, d'autre part, le bouclier Nigérian au nord (Nzenti et *al.*, 1984) ou un bloc cratonique septentrional (Penaye et *al.*, 1993; Toteu et *al.*, 1994). La baisse graduelle des conditions du métamorphisme vers le Sud et un gradient métamorphique considéré comme inverse, syn-D2, rétrograde, suggèreraient que la série de Yaoundé constitue une large nappe tectonique poussée sur le craton du Congo (Nédélec et *al.*, 1986 ; Nzenti et *al.*, 1988 ; Toteu et *al.*, 2006a). Mvondo et *al.* (2003) proposent que les phases D1 et D2 représentent respectivement les phases compressive et extensionnelle du cycle tectono-métamorphique panafricain. Les données isotopiques Sm-Nd indiquent que les métasédiments et les roches méta-ignées proviennent d'un protolite constitué d'un mélange de sources néoprotérozoïques et paléoprotérozoïque (Penaye et *al.*, 1993 ; Toteu et *al.*, 1994, 2001, 2006). Le bassin de Yaoundé est considéré par Toteu et ses collaborateurs comme s'étant développé sur un vieux socle et pendant une très courte durée, ~ 626 à ~ 600 Ma, en association étroite avec les évènements collisionnels.

Penaye et *al.* (1993) datent le métamorphisme granulitique ainsi que le plutonisme calco-alcalin dans la série de Yaoundé à 620 ± 20 Ma.

I.1.2.4. La série de Bafia

La série de Bafia a d'abord été considérée comme une écaille de socle chevauchant le groupe de Yaoundé (Noizet, 1982). Elle est proche des formations identifiées comme étant d'âge paléoprotérozoïque dans la région de Makénéné (Toteu et *al.*, 2001). Elle ensuite été assimilée aux granulites de Yaoundé, bien qu'elle s'en distingue par sa disposition structurale et sa lithologie (Tchakounté, 1999). La région de Bafia est constituée de gneiss plus ou moins migmatitiques (gneiss à hornblende et biotite, à grenat et biotite et à plagioclase et biotite), contenant des bandes d'amphibolites et de quartzites, et associés à des plutonites d'âge panafricain. La composition chimique des gneiss rappelle une séquence sédimentaire, à protolites immatures, constitués de grauwackes et de shales. Les critères cinématiques attestent un transport des nappes vers le SSW (Tchakounté et *al.*, 2007 ; Ganwa et *al.*, 2008). Bien que leurs évolutions tectono-métamorphiques soient similaires, le groupe de Bafia se distingue de celui de Yaoundé par l'abondance des métagrauwackes et la rareté des métapélites, d'une part, et par une forte rétromorphose des assemblages granulitiques dans le faciès amphibolite, d'autre part (Tchakounté et *al.*, 2007). Les zircons détritiques datés à 1617 ± 16 Ma dans les métasédiments du groupe de Bafia, montrent que le protolite des métasédiments provient de sources d'âges variés mais indiquent, pour la première fois, la contribution de formations d'âge fini-paléoprotérozoïque à l'évolution crustale de la chaîne panafricaine d'Afrique Centrale. Il est plus vraisemblable que les sources ayant alimenté les sédiments du groupe de Bafia aient été situées au nord (domaine de l'Adamaoua) plutôt qu'au sud dans le craton du Congo (Tchakounté et *al.*, 2007). Ganwa et *al.* (2007) affirment que les métasédiments de la région de Kombé-II, métamorphisés au Panafricain, contiennent des détritus de roches plutoniques paléoprotérozoïques (2289-2351Ma). L'âge du métamorphisme panafricain est indiqué par des données sur zircons et par une isochrone interne Sm-Nd grenat-roche totale (Tchakounté et *al.*, 2007).

I.1.2.5. La série du Lom

La série du Lom correspond à une ceinture étroite et discontinue, orientée NE-SW et constituée d'une unité inférieure et d'une unité supérieure (Soba, 1979). Elle est constituée de méta-tufs, de schistes volcanoclastiques et de schistes d'origine sédimentaire (schistes à

andalousite, schistes à grenat et staurotide) de quartzites avec localement des couches de conglomérats (Soba et *al.*, 1991). Les roches volcanoclastiques sont de composition felsique à intermédiaire. La série du Lom est bien connue par ses minéralisations en or et d'autres affleurements riches en éléments tels que Pb, Bi et Mo et associés aux intrusions granitiques. L'évolution tectono-métamorphique est polyphasée avec deux déformations successives. Les failles dextres ou senestres, localement parallèles à la foliation principale, caractérisent des étapes tardives de l'évolution structurale. Le métamorphisme régional est d'âge panafricain (Soba, 1989 ; Bertrand et *al.*, 1994), de basse pression et associé à une tectonique transpressive ; il est associé à une fusion crustale très étendue qui a produit des granitoïdes de type "S" (Soba, 1975 ; Lasserre and Soba, 1976 ; Soba et *al.*, 1991 ; Toteu et *al.*, 2001). Les granites les plus connus sont les leucogranites de Ndokayo et de Wakasso, ainsi que de nombreuses intrusions pré- à post-tectoniques (Tina, Borgueme, Kongolo et Nyibi). Certaines d'entre elles ont développé des auréoles thermiques dans les roches hôtes. Le bassin du Lom est considéré comme post-collisionnel. Le grand potentiel économique des minéraux (exemple de l'or) de la région du Lom peut être expliqué par la remobilisation au Néoprotérozoïque du socle archéen et paléoprotérozoïque (Toteu et *al.*, 2006a).

I.1.2.6. La série de Poli

La série de Poli représenterait un bassin d'arrière-arc néoprotérozoïque formé entre 830 et 665 Ma (Ngako, 1999 ; Toteu et al., 2001 ; Toteu et *al.*, 2006) et dominé par l'alternance de roches métavolcaniques et métasédimentaires (Njel, 1986). La lithostratigraphie reste encore mal définie en raison de la diversité des roches et des effets probables de la tectonique en nappe (Le Fur, 1971 ; Toteu et *al.*, 1981 ; 1984 ; Njel, 1986 ; Pinna et *al.*, 1994). Cette série comprend des métasédiments, des métavolcanites et des intrusions calco-alcalines pré-, syn- et tardi-tectoniques. Les métasédiments sont constitués soit de roches clastiques purement volcanogéniques (principalement les tufs), soit de roches clastiques variées de composition intermédiaire dominante (métagrauwackes). Des niveaux de conglomérats sont fréquemment observés dans la plupart des séquences sédimentaires (Toteu et *al.*, 2006). Les métavolcanites sont des basaltes tholéiitiques et des rhyolites calco-alcalines. Les rhyolites donnent un âge de 800 Ma (Toteu et *al.*, 2003). Les intrusions sont des diorites, granodiorites et granites mises en place entre 660 et 580 Ma (Toteu et *al.*, 1987, 2001). Elles recoupent les schistes et les gneiss et forment des batholites orientés NNE-SSW (Penaye et *al*., 2006). Le sud-est de Poli est riche en reliques granulitiques (Penaye et *al.*, 2004). Ces granulites (pyribolite et pyriclasite) du Nord Cameroun sont datés à 2.1 Ga (Penaye et *al.*, 1989). Plus récemment,

Bouyo Houketchang et *al.,* (2009) ont daté les méta-granodiorites et les métapélites du faciès granulite de HP des régions de Tcholliré et Banyo entre 594-604 Ma. Toutes les roches ont été soumises à une évolution tectono-métamorphique polyphasée (Ngako et *al.,* 1989 ; Pinna et *al.,* 1994 ; Toteu et *al.,* 2004) comprenant une structure en nappe (D1) déformée par des plis ouverts à plan axial subvertical (D2). Le métamorphisme est de moyenne à haute pression (grenat-disthène-staurotide) et atteint l'anatexie dans les niveaux inférieurs. Le plutonisme associé montre des compositions qui ont évolué de calco-alcaline à alcaline (Bassahak, 1988 ; Toteu, 1990).

Le cadre géodynamique pourrait être celui d'un domaine de convergence de plaque (Toteu, 1987 ; Njel, 1988 ; Pouclet et *al.,* 2006) localisé au nord du domaine cratonique de l'Adamaoua-Yadé. Ngako et *al.* (2008) définissent une structure en poinçon au nord-ouest du Cameroun, suggérant l'existence d'un bloc rigide qui est entré en collision avec les cratons du Congo et São Francisco (marge active) vers 640 Ma avant la granitisation et la migmatisation très répandues qui ont partiellement affectées ces blocs entre 640 et 580 Ma.

L'âge de 800 Ma dans les rhyolites est interprété comme celui de l'activité volcanique qui a eu lieu à l'étape initiale de l'évolution panafricaine (Toteu et *al.,* 2003). La sédimentation dans le bassin de Poli s'est produite entre ~ 700 et ~ 650 Ma sur un substratum néoprotérozoïque, les âges des sources détritiques étant estimés vers 920, 830, 780 et 736 Ma. Le bassin de Poli est pré- à syn-collisionnel, développé sur ou à proximité des jeunes arcs magmatiques (Toteu et *al.,* 2006a). Le bassin de Poli pouvait être initialement distant du domaine crustal de l'Adamaoua-Yadé, leur amalgamation tectonique subséquente étant le résultat de la collision panafricaine (Toteu et *al.,* 2006a).

I.1.2.7. Modèles géodynamiques de la Chaine panafricaine

La chaîne panafricaine nord-équatoriale (Nzenti et *al.,* 1988 ; Barbey et *al.,* 1990) est considérée comme le résultat d'une convergence et d'une collision entre le craton du Congo et la ceinture mobile (Poidevin, 1983 ; Nzenti et *al.,* 1984, 1988 ; Penaye et *al.,* 1993 ; Trompette, 1994 ; Rolin, 1995b ; Toteu et *al.,* 2001 ; Abdelsalam et *al.,* 2002), ou comme une collision entre différents blocs de la ceinture mobile (Toteu et *al.,* 1991 ; Castaing et *al.,* 1994). Les traits caractéristiques d'une chaîne de collision sont : les nappes externes d'extension régionale, le métamorphisme granulitique de haute pression, le plutonisme intense, les failles cisaillantes régionales et la présence probable de molasse (Toteu et *al.,*

2004). Dans la partie nord de la chaîne, les auteurs considèrent que la structure actuelle résulte de la collision de plusieurs arcs avec le domaine Adamaoua-Yadé (Penaye et *al.,* 2006 ; Pouclet et *al.,* 2007). Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, certains auteurs considèrent que la mise en place des nappes est liée au pic métamorphique et à la fusion partielle (Nzenti et *al.,* 1988), alors que d'autres pensent plutôt que le pic métamorphique est synchrone d'une phase de tectonique extensive (Mvondo et *al.,* 2007). Par ailleurs, ces différents auteurs s'opposent sur la signification de la série de Yaoundé qui représenterait une zone de suture pour les uns (Penaye et *al.,* 1993 ; Toteu et *al.,* 2006), alors que pour les autres les reliques de lithosphère océanique sont inexistantes le long de la bordure du craton du Congo (Mvondo et *al.,* 2007).

I.1.3. Géologie de la région de Boumnyebel : état des connaissances

La région de Boumnyebel, cible de ce travail de recherche, est située dans la région du Centre Cameroun à environ 90 km à l'Ouest de Yaoundé (fig. 3). Elle s'étend entre 3°45'00'' et 4°00'00'' de latitude Nord, et 10°45'00'' et 11°00'00'' de longitude Est ; elle couvre une superficie de 773 km^2. D'un point de vue géologique, cette région présente deux intérêts majeurs :

(i) elle se situe à la jonction entre les formations archéennes, paléoprotérozoïques et néoprotérozoïques du socle camerounais (fig. 2, 3), même si l'essentiel se localise dans la Chaîne Panafricaine d'Afrique Centrale ;

(ii) elle possède de nombreux indices de talc dont certains ont fait l'objet d'une caractérisation minéralogique détaillée (Nkoumbou et *al.,* 2006a, 2006b, 2008a, 2008b), en vue d'une exploitation éventuelle à des fins économiques.

I.1.3.1. Historique sur les indices de talc de la région de Boumnyebel

Les premiers indices de talc dans la région de Boumnyebel ont été découverts précisément dans la localité de Lamal Pougué par le Professeur Charles Nkoumbou en 1999 lors de la vérification des travaux de terrain de l'étudiante Yakeu Ndongo dans le cadre de son mémoire de Maîtrise qui portait sur l'étude du massif de Boumnyebel (métagabbros de Mamb) et ses relations avec les roches environnantes. Au cours de l'année 2000, C. Nkoumbou et des étudiants effectuent d'autres campagnes de terrain dans la région de Boumnyebel où ils découvrent d'autres indices de talc dans les localités de Bibodi Lamal et Pout Kellé. En 2001, des études minéralogiques et physico-chimiques des indices de talc sont amorcées avec le

soutien du Laboratoire de Physico-chimie des Matériaux Minéraux de l'Université de Yaoundé I dirigé par le Professeur Daniel Njopwouo. Une coopération sur l'étude des indices du talc de la région de Boumnyebel est initiée entre ce laboratoire, l'Equipe de Géologie Economique et Environnementale de l'Université de Yaoundé I (dirigée par le Professeur Charles Nkoumbou) et le Laboratoire Environnement et Minéralurgie (dirigé par le Professeur Jacques Yvon) de l'Institut National Polytechnique de Lorraine (Nancy, France). En 2003, le Professeur C. Nkoumbou attribue à Clément Yonta Ngouné l'étude du contexte géologique des indices de talc de la région de Boumnyebel. Une convention de cotutelle de thèse de doctorat est établie en 2005 entre les Universités de Yaoundé I au Cameroun (Pr. C. Nkoumbou) et Henri Poincaré à Nancy en France (Pr. P. Barbey). Clément Yonta Ngouné identifie de nouveaux indices de talc dans la région de Boumnyebel et en 2004, les découvertes dépassent la dizaine d'indices de talc d'importance volumétrique notable.

I.1.3.2. Résultats des travaux sur les indices de talc de la région de Boumnyebel

Les travaux de caractérisation minéralogique, géochimique et physico-chimique des indices de talc de Lamal Pougué, Pout Kellé, Ngoung, Bibodi Lamal et Memel (région de Boumnyebel) ont été réalisés par Nkoumbou et al. (2006a, 2006b, 2008a, 2008b). Sur le plan minéralogique, les échantillons de talcschistes sont constitués de talc, chlorite (clinochlore) ± lépidochrosite ± goethite ± amphibole (anthophyllite, trémolite, actinote) ± carbonates (magnésite, dolomite) ± oxydes (chromite). La proportion de talc varie entre 88 et 94%. Les proportions élevées en talc montrent que ces talcschistes sont économiquement attractifs.

Les fortes teneurs en Ni (1000-2200 ppm), Cr (1700-3606 ppm) et Co (50-120 ppm) des talcschistes sont semblables à celles des minerais de talc issus de l'altération des roches ultramafiques. D'où la nature ultrabasique probable de leurs protolites (péridotites déprimées). Ces talcschistes sont considérés comme des fragments possibles d'un ensemble ophiolitique panafricain. Sur le plan géochimique, les teneurs en SiO_2 (55-60%), MgO (27-32%) et FeO (4-7%) varient assez. La plupart des spectres de terres rares sont semblables à ceux des basaltes de rides médio-océaniques enrichis (E-MORB). Sur le plan physico-chimique, les valeurs des surfaces spécifiques des minerais de talc sont comprises entre 1 et 6 m^2/g. La diffraction laser confirme la taille grossière des particules de talc. La proportion des éléments en traces toxiques est très faible, plus faible que dans la plupart des argiles pharmaceutiques et commerciales. Pour les applications, les minerais de talc de Boumnyebel sont utilisables dans la céramique (sanitaire, carreaux du sol et du mur, vaisselle). Leur utilisation dans le

caoutchouc et dans les industries du papier et du plastique nécessite une purification. Les processus de purification des minerais de talc de la région de Boumnyebel à des fins commerciales (pharmacie, cosmétique) exigent moins de travail que ceux des minerais de talc des autres régions du monde.

I.1.3.3. Etat des connaissances géologiques

La région a fait l'objet de levers géologiques de reconnaissance par Champetier de Ribes et Aubague (1956) pour une carte géologique à 1/500 000ème. C'est la seule carte géologique dont nous disposions lorsque nous avons commencé nos propres levers géologiques. Toutefois, des études ponctuelles réalisées au cours des 15 dernières années ont apporté des informations plus précises, tant sur les formations schisteuses de la région de Boumnyebel que sur les gneiss situés au sud (Yakeu Ndongo, 1999 ; Métang, 2005 ; Toteu et *al.* 1994). Une carte (fig. 4) donne la localisation des localités mentionnées dans le texte. Nous donnons ci-dessous les principaux acquis au moment où nous avons commencé nos travaux :

(i) Au sud de Boumnyebel, les gneiss et amphibolites d'Eséka, datés par la méthode U-Pb sur zircon, donnent des âges variables allant de 2.06 à 2.9 Ga (Toteu et *al.*, 1994).

(ii) Feybesse et *al.* (1998) montrent dans la carte lithotectonique de l'Ouest du craton du Congo que le domaine situé au sud et au sud-ouest de la région d'étude est constitué d'un ensemble de ceintures de roches vertes contenant des BIF, des métasédiments alumineux de moyen degré et des roches basiques et ultrabasiques, recoupé par des granitoïdes pauvres en potassium (*banded-gneiss*, principalement des méta-tonalites, méta-granodiorites, granites et gabbros subordonnés). Ces auteurs indiquent également, sur la carte structurale de l'Ouest du craton du Congo, que la foliation composite S_{1-2} de direction moyenne N45°E pend vers le NW et que la linéation d'étirement plonge vers le SE qui est le sens du cisaillement.

(iii) Toteu et *al.* (1994) donnent des âges Sm-Nd de 2.05 Ga aux gneiss migmatitiques et aux amphibolites à grenat et pyroxène d'Eséka (série du Nyong, au sud du secteur d'étude) et de 600 Ma aux gneiss à grenat de Pougué (dans le secteur d'étude). Ils datent par U-Pb sur zircon à 2.05 Ga les amphibolites citées ci-dessus et à 2.5 Ga les gneiss migmatitiques. Ils interprètent l'intercept supérieur apparent de 2.5 Ga comme un artéfact du métamorphisme de 2.05 Ga qui a affecté les zircons de 2.9 Ga, antérieurement au métamorphisme de 600 Ma.

(iv) Minyem (1994) décrit dans la tranchée routière de Pout Kellé des gneiss quartzitiques gris à yeux de feldspaths qu'il considère comme pouvant être orthodérivés. Pour cet

auteur, ils sont localement migmatisés, les mobilisats occupent les bandes de cisaillement ou les charnières des plis P_2. La tranchée correspond à une zone d'intense cisaillement ductile, normal et dextre. Ce cisaillement C_2 s'est accompagné d'un intense plissement P_2 synschisteux et d'un boudinage B_2. Néanmoins, aucune carte disponible ne rend compte de ce dispositif.

(v) Ndjigui et *al.* (2005a, 2005b) notent des teneurs élevées en Cr (2987 à 13403 ppm) dans les roches basiques et ultrabasiques encaissés dans les gneiss à biotite et amphibole de Pout Kellé, et de fortes anomalies en Cr et Ni (4230 à 11733 ppm) dans les sols ferralitiques jaunes développés sur des matériaux hétérogènes de Pout Kellé.

(vi) Stendal et *al.* (2006) considèrent que le rutile alluvial de la région de Dibang (nord-ouest de Boumnyebel) témoigne d'un métamorphisme de haut degré d'âge panafricain. Ce rutile proviendrait de la dégradation de métapélites, de roches mafiques, de pegmatites et de veines de quartz hydrothermales.

(vii) Toteu et *al.* (2006b) obtiennent par la méthode U-Pb sur zircons des méta-syénogabbros de Mamb un âge de 618 ± 7 Ma attribué à leur mise en place dans les micaschistes à grenat et disthène, mise en place qui serait synchrone du métamorphisme granulitique dans le groupe de Yaoundé.

(viii) Nkoumbou et *al.* (2006a) inventorient un certain nombre d'indices de talcschistes dont la proportion de talc est supérieure à 94%. Leurs teneurs en Ni, Co et Cr sont très élevées, à l'image de celle obtenues dans les péridotites serpentinisées, suggérant un protolite de nature ultramafique. Se basant sur la teneur élevée en talc de ces roches et sur la coexistence occasionnelle de trémolite et de riebeckite magnésienne, ils assignent l'origine des talcschistes à une altération hydrothermale des roches ultrabasiques.

(ix) Nkoumbou et *al.* (2006b) mettent en évidence des roches à affinité ophiolitique (talcschistes et hornblendites) dans les micaschistes à grenat et muscovite de Ngoung, de Lamal Pougué et de Bibodi Lamal. Ils notent que ces roches ultramafiques sont différentes des roches ultramafiques alcalines décrites au sein des granulites de Yaoundé (Nzenti, 1998 ; Ngnotué et *al.*, 2000). Un métamorphisme de faible intensité à la limite supérieure de l'épizone a été relayé par des réactions hydrothermales locales. Ces talcschistes et les hornblendites pourraient être considérés comme des témoins d'un ensemble ophiolitique panafricain démembré par une tectonique tangentielle.

Au total, il apparaît que les formations géologiques de la région de Boumnyebel consistent essentiellement en formations métamorphiques, d'âge panafricain et d'origine sédimentaire et

magmatique, à l'exception de la partie sud-ouest caractérisée par la présence de gneiss apparentées aux suites TTG et d'âge paléoprotérozoïque.

I.1.3.4. Contexte et objectifs de l'étude

Ce travail s'insère dans le cadre d'un programme de recherches sur la valorisation des matériaux minéraux du Cameroun conduit par les Laboratoires de Physico-chimie des Matériaux Minéraux (LPCMM) et de Magmatisme et Risques Naturels (LAMRIN) de l'Université de Yaoundé I (Cameroun), en liaison avec le Laboratoire Environnement et Minéralurgie (LEM) de l'Institut National Polytechnique de Lorraine et avec le Laboratoire de Mécanisme et Transferts en Géologie (LMTG) de l'Observatoire de Midi-Pyrénées, Toulouse (France). L'étude du contexte géologique est conduite en collaboration entre le LAMRIN de l'Université de Yaoundé I (Cameroun), le Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG-CNRS) et l'Université Henri-Poincaré (Nancy I) dans le cadre d'une thèse en cotutelle.

Le premier objectif qui nous a été assigné est de caractériser le contexte géologique des indices de talc de Boumnyebel, d'en cerner la géométrie. Le second objectif est de replacer l'évolution de cette région dans le cadre de la chaîne panafricaine à partir des résultats de nos travaux. En effet, comme nous l'avons souligné, la région de Boumnyebel est à la jonction entre les domaines archéen (unité du Ntem), paléoprotérozoïque (unité du Nyong) et néoprotérozoïque (série de Yaoundé). De part sa position, cette région est donc intéressante pour mieux appréhender les relations entre la chaîne panafricaine et son contexte plus ancien et pour aborder l'évolution du métamorphisme panafricain.

Si la chaîne panafricaine d'Afrique Centrale, au Cameroun, a fait l'objet de nombreux travaux, il subsiste des points d'ombre. Nous en citons quelques-uns susceptibles d'être abordés dans le cadre de cette étude de la région de Boumnyebel.

(1) Le premier point d'ombre concerne la localisation de la zone de suture de cette chaîne. En Centrafrique, Cornacchia et *al.* (1989) considèrent les éclogites amphibolitisées de la Yaji et de la Pama (ceinture de roches vertes de Bogoin-Boali) comme des témoins d'une suture d'âge antérieur au Panafricain, réactivés lors de l'orogenèse panafricaine. L'unité granulitique de Yaoundé à été interprétée par Penaye et *al.* (1993) comme la suture d'une collision d'âge panafricain entre une marge passive au sud (craton du Congo et sa couverture paléoprotérozoïque du Nyong) et une marge active intensément granitisée au

nord (socle paléoprotérozoïque démantelé et séries néoprotérozoïques). Par ailleurs, Nzenti et *al.* (1994) ont souligné, après avoir relevé les principales contraintes pour l'élaboration d'un modèle de cette chaîne (parmi lesquelles l'absence de matériel océanique marquant une suture), que ni l'Adamaoua, ni les granulites de Yaoundé ne sont une zone de suture mais témoignent pourtant d'un chevauchement intracrustal majeur préparé par un rift. La ligne d'anomalie gravitaire de Massenya-Ounianga au Tchad (avec les valeurs moyennes comprises entre 10 et 30 mGal ; Louis, 1970 ; Poudjom Djomani et *al.*, 1995) est considérée comme matérialisant vraisemblablement des fragments d'un plancher océanique obductés sur une marge cryptique (Louis, 1970 ; Freeth, 1984 ; Toteu et *al.*, 1991 ; Poudjom Djomani, 1993). Njonfang et *al.* (2006) mettent en évidence un gradient N-S de la teneur en potassium des orthogneiss du Nord-Cameroun à ceux de Foumban-Bankim (Sud), compatible avec l'existence d'une zone de subduction panafricaine située au nord.

(2) Le second point d'ombre concerne l'interprétation de la phase D_2 mise en évidence dans la série de Yaoundé. En effet, si tous les protagonistes s'accordent sur l'existence d'une tectonique en nappe, une divergence apparaît sur la nature de cette phase D_2. Pour les uns – Nzenti et *al.* (1988), Ngako (1999), Ngako et *al.*, (2003), Penaye et *al.* (1993) – la phase D_2 correspond à la mise en place de la nappe synchrone de la migmatisation, alors que pour d'autres (Mvondo et *al.*, 2003; 2007), elle correspond à une phase d'étalement gravitaire post-nappe. Ce dernier aspect rejoint également la disposition inverse des isogrades (Nédélec et *al.*, 1986; Nzenti et *al.*, 1988) qu'il est bon de vérifier dans le secteur d'étude.

(3) Le troisième point concerne la nature originelle et la signification des roches mafiques et ultramafiques de la région de Boumnyebel, à savoir : sont-elles des témoins d'une océanisation panafricaine, sachant que les premières données pétrographiques, minéralogiques et géochimiques sur les talcschistes et hornblendites de la région de Boumnyebel (Nkoumbou et *al.*, 2006a; 2006b) montrent une affinité ophiolitique possible. De plus, la pétrogenèse des pyroxénites à amphibole de cette région (Nkoumbou, en préparation) révèle que ces roches sont néoprotérozoïques (âge Re-Os) et présentent des caractéristiques de tholéïte d'arc.

A l'occasion du lever de la carte géologique de Boumnyebel dans le but de mieux cerner le contexte des gisements de talc et éventuellement de métaux associés aux roches vertes, nous

tenterons d'apporter des éléments de réponse à ces trois questions fondamentales. Pour atteindre ces objectifs nous avons réalisé : (i) la cartographie au 1/50 000ème de la région de Boumnyebel pour comprendre l'organisation des différents ensembles lithologiques, (ii) l'étude pétrologique et géochimique de ces formations pour en comprendre l'origine et l'évolution métamorphique, et (iii) l'étude géochronologique pour préciser l'âge de certaines roches. Les résultats présentés dans les chapitres suivants ont fait l'objet d'une note publiée à la revue C.R. Geosciences (Yonta Ngouné et *al*., 2010). Seules les études géochronologiques n'ont pas été menées à terme pour des raisons de disponibilité d'appareillages. Les données devraient être disponibles dans un bref délai.

Nous terminerons cette section en précisant que cette étude a bénéficié du soutien financier de l'AUF pour la bourse et les déplacements de Clément Yonta Ngouné, du CRPG, du LEM et de la fédération de recherche EST pour les analyses et les levers de terrain.

I.2. CADRE NATUREL

I.2.1. Géographie physique

La région de Boumnyebel (fig. 4) se caractérise par une altitude moyenne d'environ 350 m et par de nombreuses collines aux versants abrupts. De Yaoundé à Boumnyebel, l'altitude des collines diminue progressivement de 700 à 300 m, donnant un paysage avec un profil en marches d'escaliers (Yakeu Ndongo, 1999). Toutefois, il subsiste dans la région d'étude quelques collines culminant à 498 m (Henguégué), 674 m (Manyaï) et même 718 m (Boga). Les collines sont séparées par des vallées à raphiales où coulent des ruisseaux pérennes. L'altitude la plus basse (220 m) se trouve dans les environs de Pout Kellé qui est la zone de transition entre le plateau sud camerounais et la plaine côtière (Ndjigui et *al.*, 2005a).

Le réseau hydrographique est dendritique et à guidage structural (fig. 4 ; voir aussi fig. 12 dans le chapitre suivant). Les cours d'eau Mbango, Ngopi, Djouel et Pougué au nord, prennent leur source dans le grand bassin versant du Nyong et se jettent dans le « Kellé » au sud, le plus grand collecteur du secteur d'étude qui coule à fleur de roche. Celui-ci se jette dans le "Nyong", à environ 55 km au sud-ouest du secteur d'étude.

Figure 4. Carte topographique de la région de Boumnyebel. Extraite de la carte forestière Edéa 4d, feuille n° NA-32-XXIII-4d, réalisée par le Centre National de Développement des Forêts (CENADEFOR), Ministère de l'Agriculture, Cameroun.

Le climat est de type équatorial à 4 saisons : deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses. Il pleut presque toute l'année mais avec deux maxima : l'un en Septembre (grande saison des pluies) et l'autre en Mars-Avril (petite saison des pluies). Les minima se situent en Décembre-Janvier (grande saison sèche) et en Juillet-Août (petite saison sèche) (Loung et *al.*, 1979). La température moyenne annuelle est de 25°C. La pluviométrie varie entre 1500 et 2000 mm de pluie par an. A Eséka, au sud de la région d'étude, la pluviométrie moyenne interannuelle (entre 1936 et 2006) est de 2132 ± 372 mm avec un coefficient de variation de 17% (Bineli Ambomo, 2009). On observe, cependant, ces dernières années une baisse générale de la

pluviométrie en Afrique centrale. Ainsi, la pluviométrie moyenne annuelle de Yaoundé est passée de 1700 mm en 2002 à 1565 mm en 2005 (Zoning Moffo, 2005).

Les sols sont ferralitiques jaunes sur les interfluves et hydromorphes dans les bas-fonds mal drainés (Ndjigui et *al.*, 2005b). Ils se développent sur des roches basiques et ultrabasiques encaissées dans les gneiss à biotite et à amphibole du Panafricain (Lasserre et Soba, 1976) et sur les micaschistes à grenat et muscovite de la Chaîne Panafricaine (Nkoumbou et *al.*, 2006a,b). La végétation est essentiellement forestière. On distingue :

(i) des îlots de forêt primaire à sous-bois pauvre et facile à pénétrer ; ils sont généralement rencontrés le long des cours d'eau, au sommet des collines ;

(ii) la forêt secondaire qui apparaît à la suite de la destruction de la forêt primaire pour les besoins agricoles ou pour les exploitations forestières ; elle renferme des zones de savanes boisées, d'accès difficile.

La plus grande partie de la région d'étude est couverte de cette forêt secondaire, environ 30% de la superficie restant constituée de forêt primaire. Cette importante couverture forestière ne facilite ni la découverte d'affleurements, déjà peu denses en raison d'un épais manteau d'altération, ni leur accès.

I.2.2. Géographie humaine et économique

La population est constituée pour l'essentiel de Bassa à laquelle s'ajoute une minorité constituée de représentants des autres tribus du Cameroun (Loung et *al.*, 1979). Elle est répartie le long des routes et des pistes en une multitude de petits villages. Ces derniers sont distants les uns des autres de 2 à 4 km. Elle couvre les arrondissements de Ngog Mapubi, Dibang, Bot Makak et Matomb, appartenant au département du Nyong-et-Kellé. Les villages sont organisés en chefferies de 1er, 2ème et 3ème degré. Bot Makak reste la seule chefferie de 1er degré dans ce département. Les autres arrondissements ne sont plus constitués que de chefferies de 2ème et 3ème degré.

Ngog Mapubi et en partie Bot Makak et Matomb sont reliés à la nationale N°1 Douala-Yaoundé par des routes secondaires bitumées. Les autres arrondissements sont reliés entre eux et aux précédents par des routes principales ou secondaires carrossables, bitumées ou non. A l'exception des villages profitant du passage des routes desservant les chefs lieux d'arrondissements, la majorité des autres villages sont reliés entre eux par des pistes et

chemins forestiers généralement non entretenus, ce qui rend difficile les déplacements sur les affleurements.

La principale activité économique est l'agriculture avec des cultures de rente (cacao et palmier à huile), vivrières (macabo, taro, manioc, arachide, plantain et banane douce) (Loung et *al.*, 1979), fruitières (mangue, ananas, citron, orange, pamplemousse, papaye, safou, kola et noisette) et maraîchères (piment, légumes). Le commerce pratiqué le long des axes bitumés, dans les chefs lieux d'arrondissement et surtout au carrefour routier de Boumnyebel est la seconde activité économique après l'agriculture. L'élevage des caprins, la pêche dans le « Kellé », le transport inter-villages et la chasse constituent d'autres sources non négligeables de revenus pour la population.

I.3. METHODES D'ETUDE

La compréhension des phénomènes géologiques passe par une observation et une caractérisation aussi bien macroscopique que microscopique. Les observations ont été faites sur le terrain et au laboratoire.

I.3.1. Terrain

Nous avons mené de 2003 à 2009 plusieurs campagnes de terrain qui ont permis de réaliser à 1/50°000ème les cartes d'affleurements et d'échantillonnage, puis les cartes lithostructurale et géologique de la région d'étude. Au total, 185 échantillons de roche ont été prélevés, 1051 mesures de foliation et 120 mesures de linéation ont été relevées. 443 affleurements étudiés ont été prélevés et ont servi à la réalisation des cartes d'affleurement et géologique. Les mesures de foliation et de linéation ainsi que les coordonnées d'affleurement sont dans une annexe en fin de volume.

I.3.2. Laboratoire

Les échantillons ont été étudiés à différentes échelles d'observation grâce à l'utilisation du microscope optique et du microscope électronique à balayage. Le Microscope Electronique à

Balayage (MEB) utilisé est de type HITACHI S-2500. Il est situé au service commun de Microanalyse de l'Université Henri Poincaré (Nancy 1).

La préparation des sections polies d'échantillons a été réalisée à l'atelier de lithopréparation de l'Université Henri Poincaré (Nancy, France). Leur confection comprend plusieurs étapes : l'enrobage, le dressage et le polissage. Après avoir disposé les échantillons dans une bague en aluminium collée sur une lame de verre, une résine de type Araldite est couplée afin d'assurer la cohésion de la pellicule de roche. La résine est obtenue par mélange d'un polymère de type Y230 Escil et d'un durcisseur HY956. Lorsque la pellicule de roche ne présente pas une cohésion naturelle satisfaisante (comme dans certains échantillons de talcschiste), l'imprégnation de la résine s'effectue sous vide à l'aide d'un banc d'imprégnation G. BROT. Ce banc est muni d'une cloche en verre reliée à une pompe à palette permettant d'obtenir un vide. Le vide réalisé pour nos échantillons est de 0.4 à 0.5 bars. Lorsque la résine est entièrement polymérisée, on procède au dressage et au pré-polissage de la section. Cette opération est effectuée mécaniquement à l'aide de papiers de carbure de silicium à grains fixes (80 fils/cm^2, puis 240 fils/cm^2, 600 fils/cm^2 et enfin 1200 fils/cm^2). Les sections sont ensuite nettoyées par ultrason dans de l'alcool, puis polies à l'aide de feutres enduits de pâtes diamantées à 7µm, 3µm et 1µm. L'échantillon est également nettoyé aux ultrasons après chaque granulométrie. La section polie et la lame de verre avec les échantillons sont rendues conductrices par dépôt d'un film de carbone d'environ 20 nm d'épaisseur sur la surface, permettant l'observation au Microscope Electronique à Balayage.

La composition chimique en roche totale, a été réalisée à l'aide de différentes techniques incluant l'ICP-AES et l'ICP-MS. Ces différentes techniques ont permis de doser aussi bien les éléments majeurs que les éléments en traces des échantillons de roches prélevés dans la région de Boumnyebel. Toutes les analyses ont été réalisées au Service d'Analyse de Roches et Minéraux (SARM) du Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG) de Nancy, France. Le Laboratoire de Spectrométrie et Géostandards (LSG), qui fait partie du SARM est équipé d'un spectromètre d'émission plasma à couplage inductif (ICP-AES) Jobin-Yvon JY 70 type II, pour le dosage des éléments majeurs et mineurs et d'un spectromètre de masse ICP-MS Perkin-Elmer Elan 5000, pour le dosage des éléments en trace.

Afin d'obtenir la composition chimique des minéraux des différentes roches, nous avons effectué des analyses *in situ* à l'aide d'une microsonde électronique CAMECA SX-100 du Service Commun de Microanalyse de l'Université Henri Poincaré (Nancy, France).

Les études géochronologiques ont été faites sur des monazites des micaschistes et migmatites à grenat-disthène à l'aide de la microsonde électronique. Les analyses ont été réalisées avec une microsonde Cameca SX50 (LMTG-Toulouse, J.M. Montel) sur lames minces polies.

I.3.2.1. Microscope optique

Les lames minces de roches confectionnées (155 au total) dans les laboratoires de lithopréparation de lames minces des Universités de Yaoundé I et Henri Poincaré de Nancy I ont été étudiées à l'aide des microscopes optiques des laboratoires des Sciences de la Terre des mêmes Universités.

I.3.2.2. Microscope électronique à Balayage (MEB)

Cette technique consiste à envoyer un faisceau accéléré (1 à 40 KV) d'électrons sur l'échantillon à observer. Ce faisceau peut balayer suivant deux directions la surface de l'objet. Le signal détecté est transmis à un écran vidéo dont le balayage est synchrone de celui du faisceau. Le signal détecté est en fait produit par certains électrons qui ont interagi avec la matière. Ceci permet, en sélectionnant les différents types d'électrons, d'obtenir soit une image du contraste topographique (électrons secondaires), soit de visualiser le contraste chimique (électrons rétrodiffusés) de l'échantillon. 13 échantillons ont été étudiés au MEB.

I.3.2.3. Méthodes spectrométriques: ICP-AES et ICP-MS

La première analyse à effectuer pour caractériser un échantillon est son analyse chimique globale. Pour ceci, des analyses multiélémentaires par ICP-ES et ICP-MS ont été réalisées sur 127 échantillons sains de la région de Boumnyebel. Au total, 54 éléments ont été analysés en routine dans ce laboratoire.

La préparation des échantillons se déroule de la façon suivante : un mélange de 900 mg de métaborate de lithium et 600 mg d'acide borique est ajouté à 100 mg d'échantillon porphyrisé dans un creuset en or ou platine ou encore rhodium. L'ensemble est ensuite fondu dans un four tunnel automatisé à 1080°C. Le cycle de fusion dure environ deux heures avec une heure de maintien à la température maximum. Le verre ainsi obtenu est dissous sur un banc de mise en solution automatique par 120 ml de solution contenant de l'acide nitrique 1N, de l'eau

oxygénée, du glycérol bi-distillé et de l'eau distillée. Ces solutions sont placées sur les distributeurs automatiques des différents appareils et sont ionisées grâce à une torche à plasma. Cette ionisation va entraîner une émission de photons (proche UV à proche IR) qui sont analysés pour le dosage des éléments majeurs. Les dix éléments majeurs ainsi que le scandium sont donc dosés simultanément par spectrométrie d'émission multiélémentaire (ICP-AES). En revanche le dosage des 43 éléments traces, y compris les terres rares, est effectué par l'analyse des ions par spectrométrie de masse (ICP-MS). Les teneurs des 10 éléments majeurs sont exprimées en pourcentage de poids d'oxydes tandis que celles des traces sont exprimées en ppm. Les limites de détection en ICP-AES et ICP-MS varient en fonction de chaque élément. En gros, elles varient de 0.05 à 0.2 % pour les éléments majeurs et de 0.03 à 2 ppm pour les traces.

Pour avoir un bon étalonnage, des standards géochimiques sont introduits dans chaque série d'échantillons, avec ou sans ajout d'éléments supplémentaires ou avec des concentrations importantes. Les précisions analytiques obtenues en ICP-AES et ICP-MS et les limites de détection sont contenues dans les travaux de Carignan et al. (2001).

I.3.2.4. Analyse chimique par microsonde électronique (sauf monazite)

La microsonde électronique est une technique d'analyse quantitative utilisant aussi comme source les électrons produits par une cathode en Tungstène. Le principe est de récolter les photons X produits par la désexcitation d'atomes percutés auparavant par les électrons primaires. Les photons X, dont la longueur d'onde est fonction de l'élément source sont réfléchis sélectivement par un cristal monochromateur courbé vers un compteur proportionnel à flux gazeux. Celui-ci mesure l'intensité du rayonnement grâce à une électronique de comptage monocanal. Il est ainsi possible, après traitement du signal (correction ZAF), d'analyser quantitativement les différents éléments à condition qu'ils soient de masse suffisante (au moins égale à celle du Bore pour obtenir une émission X suffisante). Les conditions d'analyse en routine sont une tension de 15 kV, une intensité du courant de 10 nA et un temps de comptage de 20 secondes pour tous les éléments sauf pour Na, K (10 s) et Rb (30 s). Afin d'éviter la diffusion des alcalins sous le faisceau, celui-ci a été défocalisé pour atteindre 5 à 10 µm. Avant l'analyse de nos échantillons, des standards des minéraux sont utilisés pour chaque élément dosé. La précision analytique et la limite de détection à la microsonde électronique dépendent de la nature de l'élément dosé et surtout de sa concentration. Pour un élément donné, l'erreur relative de la mesure sera d'autant plus faible

que la teneur en cet élément est élevée. Les échantillons utilisés dans cette étude (93 au total) se présentent sous la forme de sections polies déjà décrits dans la partie consacrée au M.E.B. (cf. *I.6.2.3.*).

I.3.2.5. Analyse des monazites

I.3.2.5.1. Buts et principes de la géochronologie

La découverte de la radioactivité de l'uranium et du thorium au début du 20ème siècle a été rapidement suivie de son utilisation pour la mesure des âges des minéraux renfermant de l'uranium. Les principales méthodes développées dépendent de l'accumulation de l'hélium et du plomb qui sont des produits de désintégration de U et Th. On dénombre plusieurs méthodes : méthode chimique Pb-U-Th, méthode Pb-alpha, méthode U-He, méthode isotopique U-Th-Pb et la méthode courante du Pb (Gunter, 1977).

Le principe général de la géochronologie isotopique est de déterminer l'âge absolu des processus géologiques qui conduisent à la cristallisation des minéraux comportant dans leurs structures des atomes radioactifs. La loi de décroissance radioactive suit la loi de Rutherford et de Soddy (1902) :

$$dN/dt = - \lambda N \qquad (1)$$

où N désigne le nombre d'atomes radioactifs pères présents à l'instant t (instant de l'analyse), λ étant la constante de désintégration. L'intégration de la loi nous donne une équation de la forme :

$$N = N_o e^{-\lambda t} \qquad (2)$$

avec $N_o = N + n$ (n = nombre d'atomes radiogéniques résultat de la désintégration de N) ; d'où l'on tire :

$$N = (N + n)e^{-\lambda t} \qquad (3)$$

$$n = N(e^{\lambda t} - 1) \qquad (4)$$

Sur la base de l'équation (4), on peut calculer le temps t qui est souvent associé à un processus géologique qui a conduit à la concentration de l'élément N. Ceci n'est applicable que si l'on admet que le système est resté clos après sa fermeture (cristallisation du minéral), c'est-à-dire qu'aucun autre processus physico-chimique n'a entraîné la perte ou l'adjonction de N et/ou n (en d'autres termes le radiochronomètre n'est pas perturbé). Le temps peut être déduit de la formule :

$$t = 1/\lambda \ln |[1 + (n/N)] \quad (5)$$

Dans les systèmes naturels (roches ou minéraux), la présence de quantités initiales de l'isotope fils ne peut être exclue a priori. Il est donc indispensable de tenir compte de cette quantité initiale de l'isotope fils, présent lors de la fermeture du système.

La technique de mesure isotopique la plus largement utilisée est la spectrométrie de masse. Le géochronomètre U-Pb sur zircon en est une illustration classique, l'analyse se faisant, soit par spectrométrie de masse à thermo-ionisation appliquée à un grain ou à une population de grains de zircon, soit par sonde ionique.

Depuis 1990, grâce à l'amélioration des performances des microsondes électroniques, une géochronologie non isotopique, dite "chimique", est devenue possible (Suzuki et Adachi, 1991). Cette approche a été appliquée à la monazite qui est un phosphate de terres rares $[(REE, Th)]PO_4$, phase accessoire bien représentée dans certaines roches magmatiques (granites) et métamorphiques (métapélites). Elle résiste modérément à l'altération et est fréquemment concentré comme minéral détritique dans les sables de plages et de rivières. Du fait de ses teneurs élevées en U, Th, Pb, la monazite constitue une des phases actuellement très utilisées en géochronologie. Cette utilisation comme radiochronomètre est confortée par le caractère limité de la diffusion du plomb et par sa stabilité dans les domaines de haute température (Cocherie et *al.*, 1998 ; Montel et *al.*, 1996 ; Montel et *al.*, 2000). La monazite ne présente pas de variations chimiques notables dans les environnements thermiques avoisinant 900°C (Parrish, 1990 ; Braun et *al.*, 1998). Ces caractéristiques permettent à la monazite d'enregistrer des processus géologiques successifs (Cocherie et Albarède, 2001). Ainsi, pour comprendre de façon exhaustive l'histoire thermique et tectonique des roches qui ont connu plusieurs évènements, il convient d'acquérir des données géochronologiques in situ, c'est-à-dire d'analyser directement le minéral dans son environnement textural en lame mince et combiner ces données aux résultats de l'étude pétrologique. Grâce à sa très haute résolution spatiale (< 2 µm), la microsonde électronique fournit un niveau de détail sans égal.

La datation chimique sur monazite à la microsonde électronique est particulièrement bien adaptée aux contextes polymétamorphiques et peut être utilisée comme aide à l'interprétation de données isotopiques conventionnelles (Cocherie et *al.*, 1998). Dans les monazites, les rapports isotopiques $^{238}U/^{206}Pb$, $^{235}U/^{207}Pb$, $^{207}Pb/^{206}Pb$ et $^{232}Th/^{208}Pb$ sont largement utilisés pour déterminer l'âge absolu des roches qui les renferment (Deer et *al.*, 1992). La méthode que nous avons utilisée dans cette étude est détaillée plus loin.

I.3.2.5.2. Principe de la méthode de datation U-Th-Pb sur monazite

L'uranium et le thorium sont à l'origine de deux familles radioactives qui donnent le Plomb comme produit ultime de désintégration. Les deux isotopes de l'uranium, ^{235}U et ^{238}U, donnent respectivement le ^{207}Pb et le ^{206}Pb, le ^{232}Th donnant le ^{208}Pb. En admettant un équilibre séculaire, l'équation du calcul de l'âge est basée sur celle de la désintégration radioactive :

$$Pb_{total} = Pb_0 + {}^{208}Pb + {}^{207}Pb + {}^{206}Pb \qquad (6)$$

Si l'on admet que la teneur du plomb initial dans la monazite est négligeable, le plomb total mesuré peut donc être considéré comme du plomb urano- et thorogénique. Soit l'égalité :

$$Pb= Th*M_{208}/M_{232}(e^{\lambda 232t}-1) + U[\{M_{206}/M_{238}*0.09928(e^{\lambda 238t}-1)\} + \{M_{207}/M_{235}x0.0072\ (e^{\lambda 235t}-1)\}] \qquad (7)$$

où M_{206}, M_{207}, M_{208}, M_{232}, M_{235}, M_{238} désignent les masses moléculaires, et où les valeurs 0.09928 et 0.0072 représentent les proportions des nucléides ^{238}U et ^{235}U dans la fraction totale de l'uranium actuel.

L'application de cette méthode et la validité des âges chimiques reposent sur l'hypothèse très forte que la monazite n'a pas subi de perte, même partielle, de plomb depuis sa cristallisation initiale ou son dernier épisode de remise à zéro complète (Montel et *al.,* 1996; Cocherie et *al.,* 1998). Autrement dit, on admet que les réouvertures, lorsqu'elles interviennent, affectent soit des domaines bien délimités, soit la totalité du grain considéré. Etant donné que l'hypothèse du système clos ne peut être vérifiée qu'à partir de données isotopiques adéquates, il faut toujours considérer les âges chimiques obtenus à la microsonde électronique comme des âges apparents qui peuvent dans certains cas ne pas avoir de signification géologique. Quoi qu'il en soit, des travaux récents ont montré que les âges obtenus à la microsonde électronique étaient le plus souvent compatibles avec ceux obtenus par les méthodes isotopiques conventionnelles (Montel et *al.,* 1996 ; Cocherie et *al.,* 1998, 2007 ; Goncalves, 2002).

I.3.2.5.3. Conditions d'analyse des monazites

Les conditions d'analyse pour U, Th et Pb étaient de 300 nA, 15 kV avec une surface analysée d'environ 1.5 µm de diamètre selon la formule de Castaing. Th a été compté sur la raie Mα avec ThO_2 comme standard et 30s de temps de comptage pour le pic et le fond. U a été compté sur la raie Mβ avec 90s de temps comptage sur le pic et 60s sur le fond. Pb a été compté sur la raie Mβ avec 150s de temps de comptage pour le pic et 100s pour le fond. Ces

trois éléments ont été mesurés avec les cristaux de PET, U et Th étant comptés sur un spectromètre, Pb sur un autre plus sensible. Plusieurs difficultés de datation avec la microsonde électronique ont été soulignées (Jercinovic et Williams, 2005) et sont abordées ci-dessous. Les positions du pic et du fond ont été sélectionnées avec attention après un scanning détaillé (wave-length dispersive) avec un filtrage Savitsky-Golay. Nous avons choisi la raie Mβ pour Pb afin d'éviter les problèmes d'interférence sur le pic et le fond, bien qu'elle soit moins intense que la raie Mα. Des mesures répétées sur NdPO4 pur ont montré clairement qu'avec la microsonde et les conditions analytiques utilisées le fond n'est pas significativement courbe. Les problèmes liés à la couche de carbone ont été résolus en : (i) utilisant un voltage faible (15 kV), (ii) doublant l'épaisseur de la couche de carbone et (iii) suivant en continu le courant absorbé qui permet de détecter toute dégradation de la pellicule carbonée. Une pellicule d'or ne peut pas être utilisée avec la raie Mβ en raison de la présence d'une raie de l'or au voisinage de l'une des positions du fond.

Le problème le plus sérieux réside dans l'interférence possible entre la raie Mβ et la base de la raie de second ordre Lα du Ce. En utilisant un voltage de 15 kV on réduit fortement cette interférence qui devient pratiquement indétectable avec notre procédure. La qualité d'ensemble de notre procédure analytique est vérifiée chaque jour par mesures sur deux échantillons de référence internes. Les âges ont été calculés individuellement pour chaque mesure et l'intervalle de confiance de 95% a été calculé par propagation des erreurs statistiques de comptage par la méthode de Monte-Carlo (Ancey et *al.*, 1978). Les âges globaux ont été calculés selon Montel et *al.* (1996).

CHAPITRE II. CARTOGRAPHIE ET CARACTERISATION DES ENSEMBLES LITHOLOGIQUES – DETERMINATION DE LA NATURE DE LA SERIE ORIGINELLE

Sur la carte géologique de la région de Yaoundé (1/500 000ème, Champetier de Ribes et Aubague, 1956), la région de Boumnyebel est constituée au nord de gneiss micaschisteux grenatifères à deux micas, relayés au sud par des gneiss à biotite et amphibole. Au centre de la région de Boumnyebel, les gneiss grenatifères renferment une bande d'environ 3 km de large de micaschistes grenatifères à deux micas, orientée NNE-SSW, qui se biseaute progressivement vers le nord. La carte montre aussi la présence de lentilles d'environ 500 m de long de para-amphibolites dans les gneiss grenatifères à deux micas. Cette région de Boumnyebel figure en partie ou entièrement dans d'autres travaux géologiques portant sur les portions centre et sud du Cameroun :

(i) Lasserre et Soba (1979) esquissent la carte géologique de la région de Yaoundé-Bafia-Kopongo ; la région de Boumnyebel y est essentiellement constituée de gneiss indifférenciés dans lesquels affleurent en fenêtre, au sud de Boumnyebel, des gneiss embréchites (= gneiss migmatitiques) et au nord des micaschistes et quartzites associés à des lentilles d'amphibolite, de pyroxénite et de gabbro ;

(ii) la carte structurale et géologique du sud-ouest Cameroun (Maurizot et *al.*, 1985 ; 1986) indique que le centre et le nord de la région de Boumnyebel appartiennent au groupe de Yaoundé et le Sud à l'unité du Bas-Nyong ; ces deux entités sont séparées par un contact anormal ;

(iii) sur la carte lithotectonique de l'ouest du craton du Congo (Feybesse et *al.*, 1998), la partie sud-ouest de la région étudiée et son extension vers le sud sont constituées d'un ensemble de ceintures de roches vertes contenant des BIF, des métasédiments alumineux de degré moyen et des roches basiques et ultrabasiques, recoupés par des granitoïdes

pauvres en potassium (principalement des méta-tonalites, méta-granodiorites, granites et gabbros subordonnés) ;

(iv) la carte géologique de la région de Dibang établie par Stendal et *al.* (2006) englobe la région de Boumnyebel, constituée de micaschistes qui reposent tectoniquement sur les gneiss TTG de l'unité du Nyong et sur des métavolcanites. Dans le cadran NE de la carte de Boumnyebel, affleurent des talcschistes orientés NW-SE au sein des micaschistes.

Dans ce chapitre, notre contribution à la connaissance de la géologie de la région de Boumnyebel consiste en un nouveau lever géologique détaillé et une caractérisation des ensembles lithologiques afin de cerner le mode de gisement des talcschistes et de discuter de l'origine de la série initiale. La composition chimique de détail des minéraux sera traitée dans le chapitre sur les conditions du métamorphisme (Chap. 3).

II.1. CARTOGRAPHIE DE LA REGION DE BOUMNYEBEL

L'importante couverture forestière ne facilite ni la découverte d'affleurements, peu denses en raison d'un épais manteau d'altération, ni leur accès. Il s'en suit que des surfaces importantes n'ont pu être observées ou échantillonnées. Le lecteur doit donc être conscient que la carte présentée est en partie extrapolée, néanmoins la relative monotonie des formations et la densité d'affleurements permettent d'avoir une certaine confiance dans cette extrapolation. Par ailleurs, un certain nombre de niveaux (talcschistes, pyroxénites, amphibolites) n'ont pu être observés que très localement, nous avons fait le choix de ne les représenter que là où ils été observés sans extrapolation.

II.1.1.Carte d'affleurements et d'échantillonnage

Les coordonnées et la nature des affleurements, ainsi que les points d'échantillonnage sont consignés en annexe. La carte d'affleurements et d'échantillonnage correspondante, présentée dans la figure 5, montre que les micaschistes (à grenat et à grenat-disthène) et les migmatites couvrent près de 80% de la région d'étude ; les micaschistes affleurent aussi bien au nord qu'au sud, les migmatites n'affleurent qu'au nord-ouest. Les amphibolites, pyroxénites et métagabbros affleurent préférentiellement au centre et au sud, et occupent environ 6% de la région étudiée. Les talcschistes affleurent aussi bien au nord qu'au sud et ne représentent

guère que 4% de la superficie étudiée. Les orthogneiss affleurent uniquement au sud-ouest et couvrent environ 10% du secteur d'étude.

Les échantillons analysés chimiquement (chimie des minéraux et/ou roche totale) sont représentés par un petit carré noir et sont affectés d'un code d'échantillonnage. Les échantillons prélevés pour lames minces uniquement sont indiqués par une petite étoile noire et sont aussi affectés d'un code d'échantillonnage. Les points d'affleurement non échantillonnés sont simplement représentés par une petite étoile noire, sans codification. A l'exception des échantillons récoltés en juillet 2008 (marqués 08.XX), les codes d'échantillons sont constitués de deux lettres représentant la localité avoisinante – par exemple PK pour Pout-Kellé, ou HE pour Henguégué – suivi d'un chiffre.

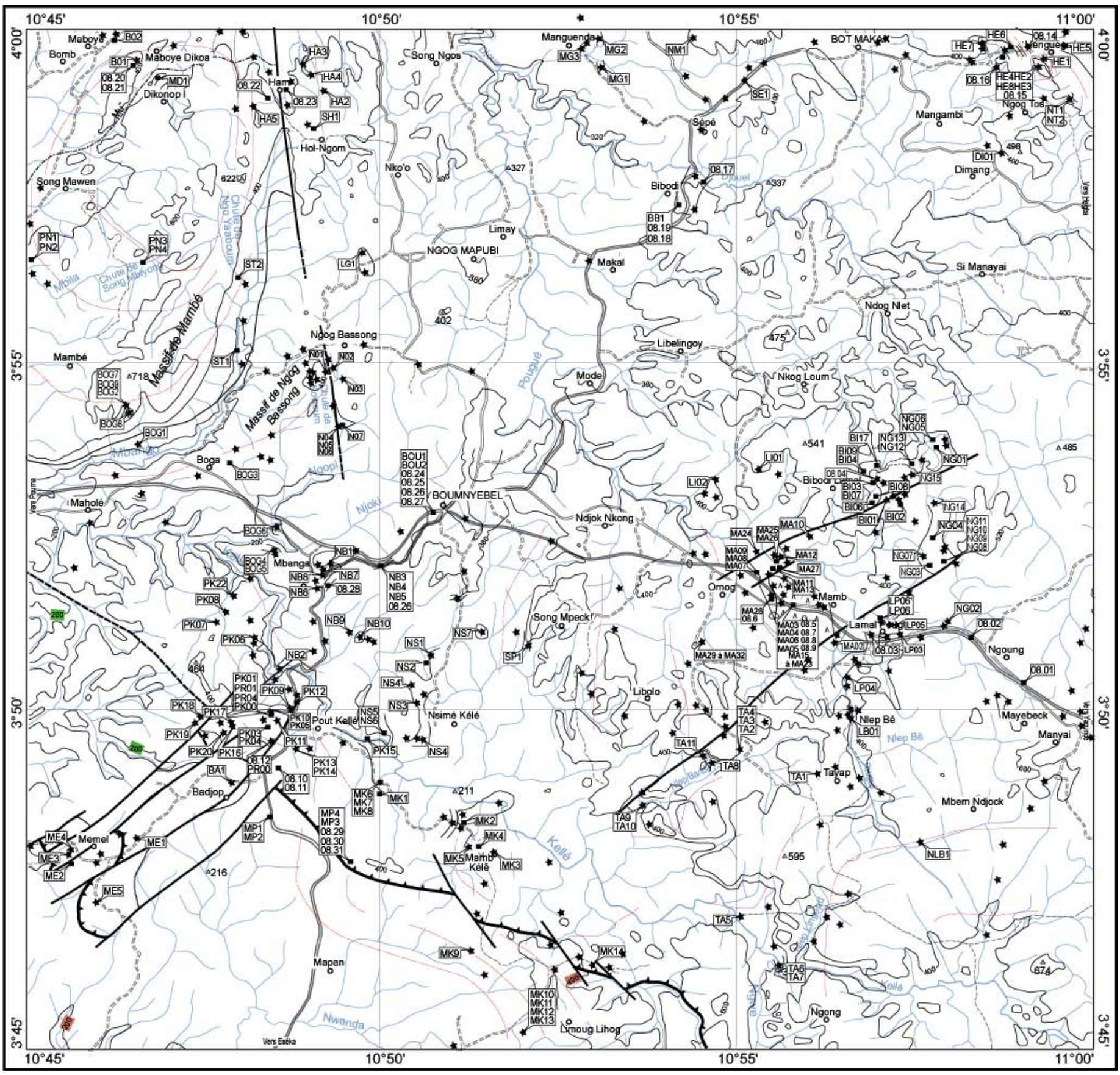
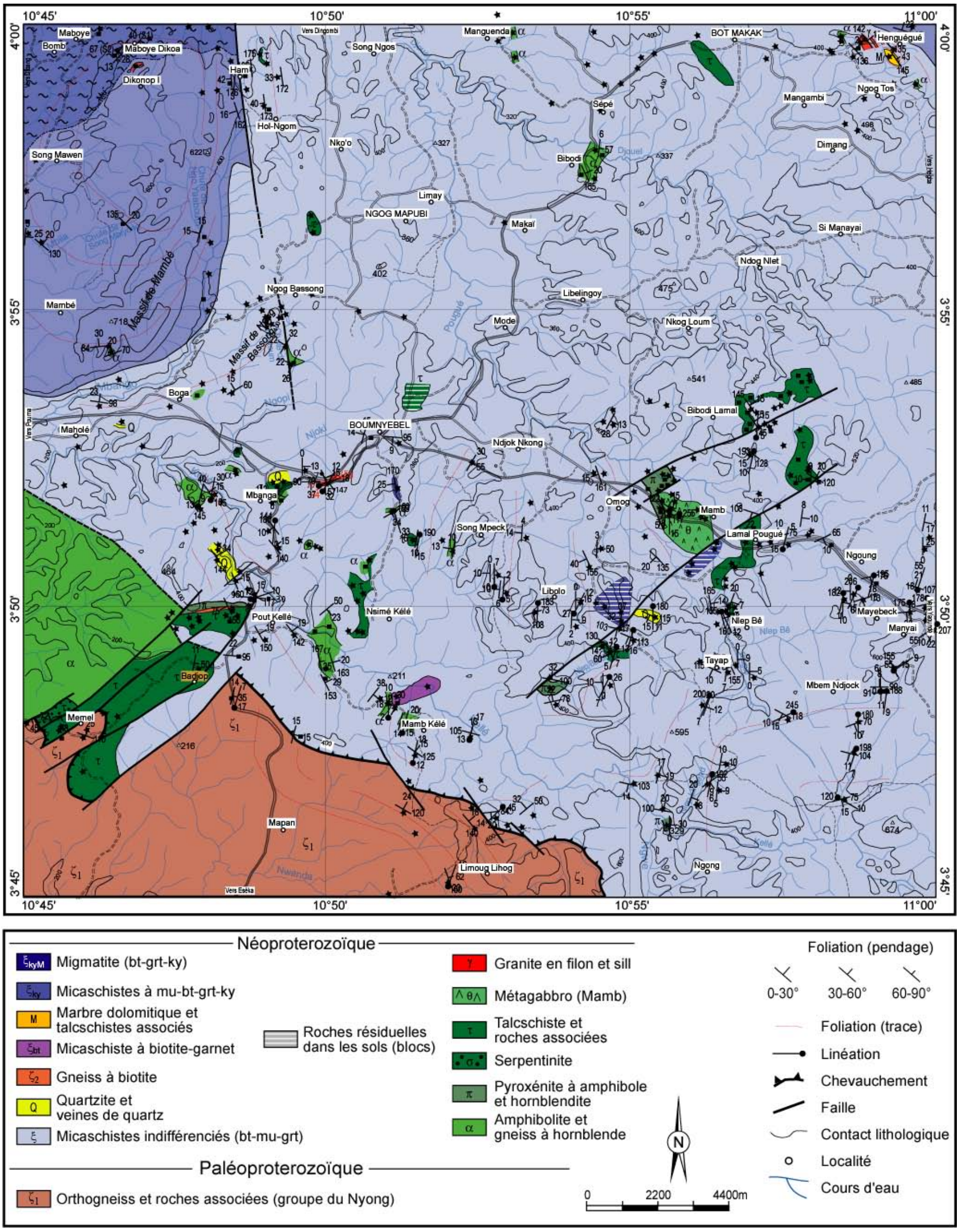


Figure 5. Carte d'affleurement et d'échantillonnage de la région de Boumnyebel.



Néoproterozoïque

- ξ_{kyM} Migmatite (bt-grt-ky)
- ξ_{ky} Micaschistes à mu-bt-grt-ky
- M Marbre dolomitique et talcschistes associés
- ξ_{bt} Micaschiste à biotite-garnet
- ζ_2 Gneiss à biotite
- Q Quartzite et veines de quartz
- ξ Micaschistes indifférenciés (bt-mu-grt)
- Roches résiduelles dans les sols (blocs)
- γ Granite en filon et sill
- θ Métagabbro (Mamb)
- τ Talcschiste et roches associées
- σ Serpentinite
- π Pyroxénite à amphibole et hornblendite
- α Amphibolite et gneiss à hornblende

Paléoproterozoïque

- ζ_1 Orthogneiss et roches associées (groupe du Nyong)

Foliation (pendage)

0-30° 30-60° 60-90°

- Foliation (trace)
- Linéation
- Chevauchement
- Faille
- Contact lithologique
- Localité
- Cours d'eau

N

0 2200 4400m

Figure 6. Carte géologique de la région de Boumnyebel redessinée à partir des levers de l'auteur.

II.1.2. Carte lithostructurale et principaux éléments structuraux

Le tracé des contours géologiques a été interprété sur la base de la carte d'affleurements et à partir de quelques éléments structuraux. A noter que pour les corps les plus petits, les épaisseurs ont été volontairement exagérées pour les rendre lisibles. Nous présentons brièvement les éléments qui ont conduit nos choix pour le dessin de cette carte. D'une façon générale, les amphibolites, serpentinites, hornblendites, pyroxénites, talcschistes, quartzites se présentent en niveaux stratiformes, ce qui a guidé le dessin de leurs limites. Nous avons fait le choix de ne dessiner les contours qu'à proximité des points d'affleurements de façon à limiter les extrapolations. La carte géologique est présentée dans la figure 6, les cartes de foliation et linéation dans les figures 7, 8, 9 et 10.

Le quart nord-ouest – Les migmatites à grenat-disthène affleurent au nord-ouest sous les micaschistes à grenat-disthène. Le passage est notamment marqué par la disparition de la muscovite associée à la schistosité (seules subsistent des cristaux de muscovite principalement rétromorphique). Nous avons figuré l'isograde [Mu⁻] comme le plan limitant le domaine des migmatites à grenat-disthène. Nous avons estimé que ce plan est grossièrement parallèle à la foliation compte tenu du fait que les leucosomes sont orientés parallèlement à la schistosité, mais il n'est pas certain que ce soit le cas à grande échelle. Nous avons également conservé la faille NNW-SSE tracée par Stendal et al. (2006), faille qui apparaît cohérente avec nos observations. La structure d'ensemble de ce quart nord-ouest montre qu'il s'agit d'un synclinal de schistosité avec au coeur les micaschistes à grenat-disthène (massif de Mambé) et en dessous des migmatites à grenat-disthène au nord-ouest et des micaschistes à grenat à l'est et au sud (fig. 7). Les linéations marquées par la biotite dans les micaschistes à grenat-disthène sont subméridiennes et plongent faiblement vers le sud ou le nord quel que soit le niveau ou la lithologie (fig. 9 et 10). La seule exception correspond aux migmatites à grenat-disthène où les linéations à disthène sont orientées NE-SW et plongent vers le SW (fig. 9). Les stéréogrammes de pôles de foliation dans les formations du quart nord-ouest (fig. 8, secteur 1) montrent un étalement limité des pôles autour d'un axe moyen proche de l'horizontale avec une orientation de N19°E. Cet axe peut être considéré comme représentant approximativement l'axe de la structure synclinale du massif de Mambé.
Les diaclases facilitent l'écoulement des eaux, elles sont responsables des belles chutes de "Ngo Yaaboum" et de "Song Mbiyong" dans le massif de Mambé et de "Kowoum" dans le massif de Ngog Bassong. Nous avons réalisé 129 mesures de diaclases dans le quart nord-

ouest ; elles ont été reportées avec les autres mesures obtenues dans la région d'étude sur un canevas de Schmidt (fig. 11a).

Le quart sud-ouest – La disposition des affleurements de talcschistes, amphibolites et micaschistes nous a conduit à séparer les différentes lithologies par un ensemble de failles orientées NE-SW. Nous avons placé une faille interprétative et non un contact chevauchant de type couverture de micaschiste panafricaine et socle d'amphibolite paléoprotérozoïque (Stendal et al., 2006) entre le grand affleurement d'amphibolites à grenat et les micaschistes à grenat. Nous pensons que ces amphibolites à grenat seraient plutôt panafricaines compte-tenu de leurs paragenèses (nous aborderons ce point dans le Chap. 3), mais cela devra être confirmé ou infirmé par des mesures géochronologiques. Le quart sud-ouest est une vaste structure gaufrée en dômes et bassins où prédominent des orientations autour de NNW-SSE avec des pendages vers l'ENE, les micaschistes à grenat reposant à l'ouest sur les talcschistes à trémolite, et au sud sur les orthogneiss à biotite. Sur les stéréogrammes du secteur SW, les pôles de foliation forment un nuage de points un peu dispersé qui souligne une structure en dômes et bassins (fig. 8). Toutefois, certains pôles de foliation sont en dehors du nuage. Les linéations à biotite dans les micaschistes à grenat et dans les orthogneiss à biotite du socle paléoprotérozoïque, les linéations à amphibole dans les amphibolites à grenat, ainsi que les linéations d'étirement du quartz dans les micaschistes à grenat et les cannelures dans les quartzites sont essentiellement orientées NNE-SSW et plongent faiblement vers le NNE ou le SSW (fig. 10). Néanmoins quelques valeurs de linéation montrent des orientations plus proches d'EW. A noter qu'il n'y a pas de différence sensible d'orientation des linéations entre le socle paléoprotérozoïque et les formations panafricaines, à proximité du contact entre ces deux formations. Dans ce quart sud-ouest, 41 mesures de diaclases ont été effectuées dans les formations panafricaines et 9 dans les formations paléoprotérozoïques. Elles ont été reportées sur des canevas de Schmidt (fig. 11a et b).

Les quarts nord-est et sud-est – Les marbres à dolomite et talcschistes à dolomite de Henguégué, au nord-est, sont interprétés comme des méga-boudins dans les micaschistes à grenat et ont été dessinés en conséquence comme des lentilles sur la carte. Les sills de métagranite affleurant dans les micaschistes à grenat sont concordants sur la foliation ; leur épaisseur a été exagérée. Enfin, dans la partie centre-est, les talcschistes (à trémolite et à magnésite-olivine) se présentent en niveaux dont l'épaisseur est variable, mais pouvant atteindre 30 m localement. Ces talcschistes (à trémolite et à magnésite-olivine) se situent pour l'essentiel autour de l'altitude de 400-450 m.

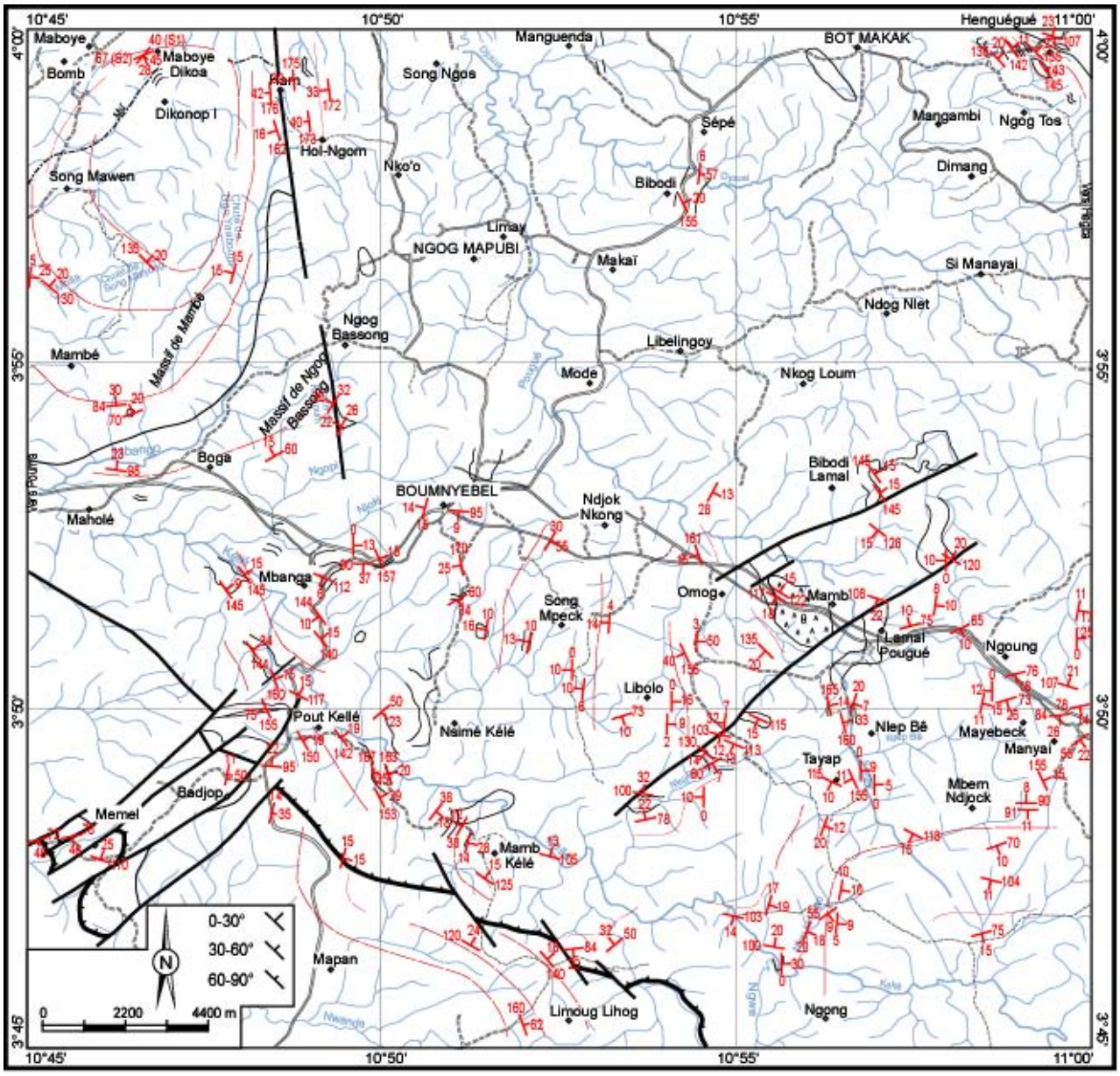


Figure 7. Carte de foliation de la région de Boumnyebel et traces de cette foliation.

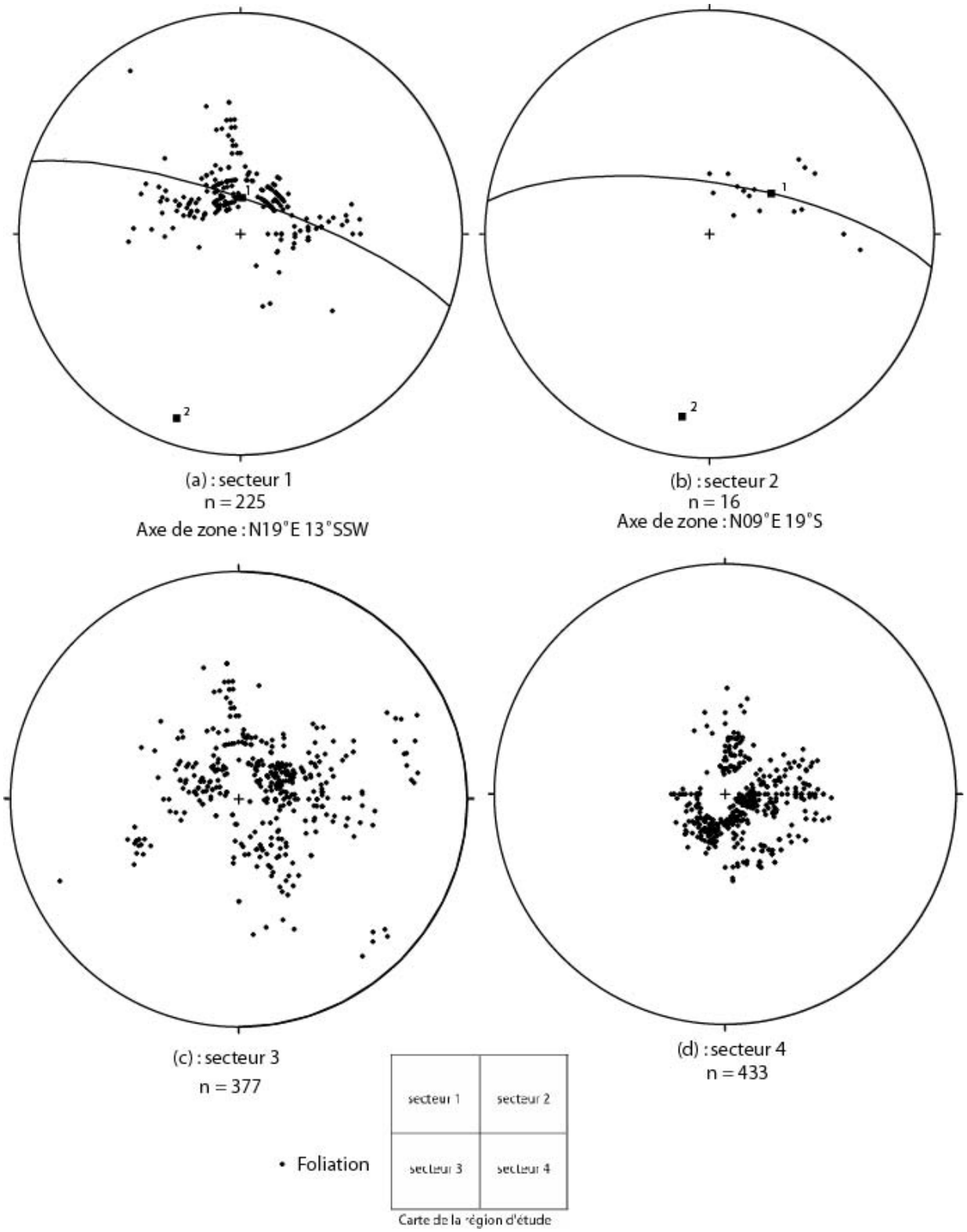


Figure 8. Stéréogrammes des pôles de foliation dans les différents secteurs de la région d'étude (Schmidt hémisphère inférieur. Contours 1%. 1= pôle de foliation moyen, 2 = pôle de l'axe de zone moyen de la foliation. n = nombre de points.

Ceci nous a conduits à considérer qu'il s'agit d'un même niveau plus ou moins boudiné. Les relations entre les metagabbros à grenat et pyroxénites à amphibole de Mamb d'une part, et les micaschistes à grenat environnant d'autre part, nous ont conduit à tracer des contacts par faille, en cohérence également avec le décalage possible du niveau de talcschistes à magnésite-olivine à Lamal Pougué. Ce choix nous a été également suggéré par les variations de teintes sur la photo satellite (http://GoogleEarth.com/Boumnyebel).

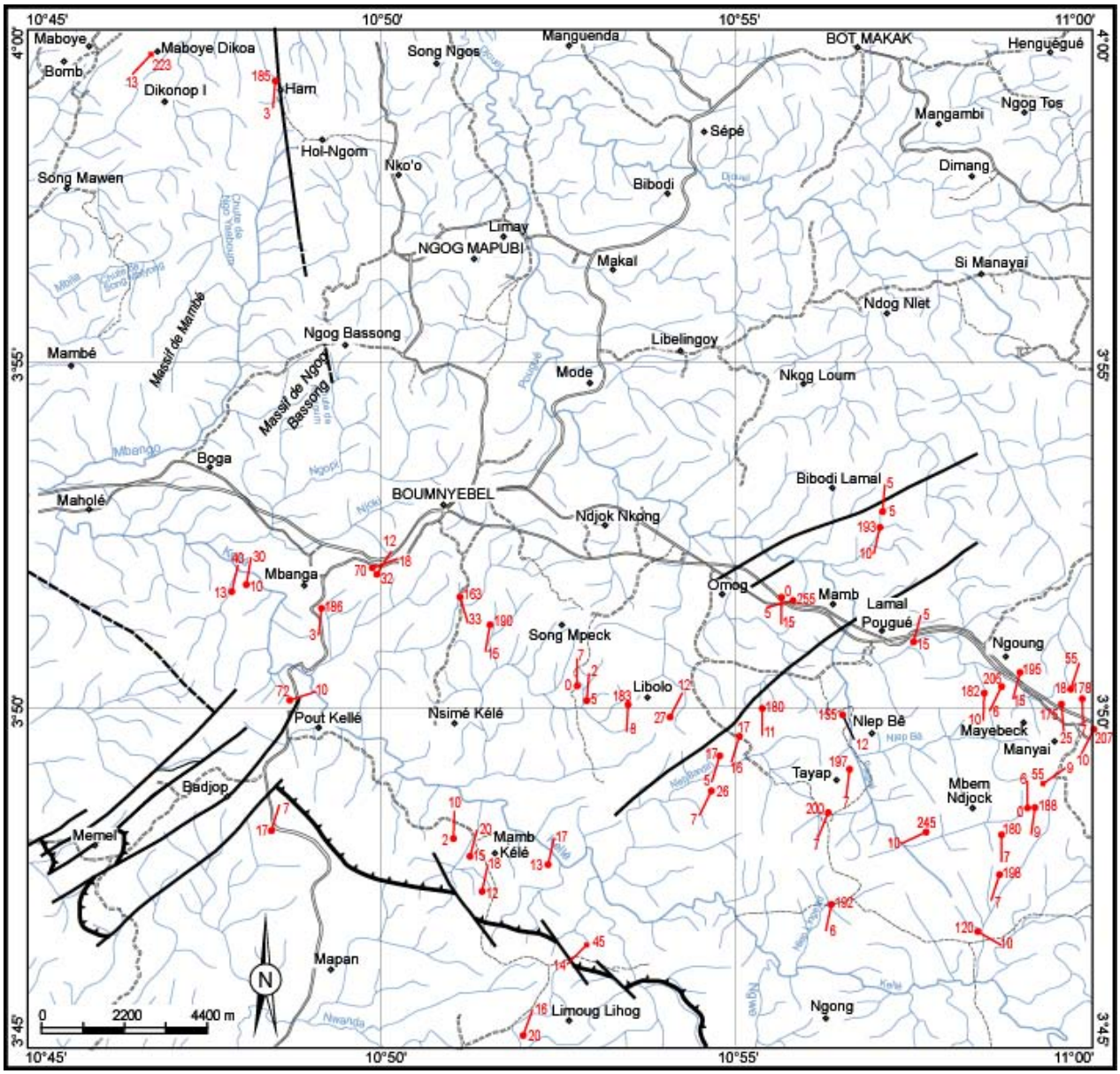


Figure 9. Carte des linéations de la région de Boumnyebel.

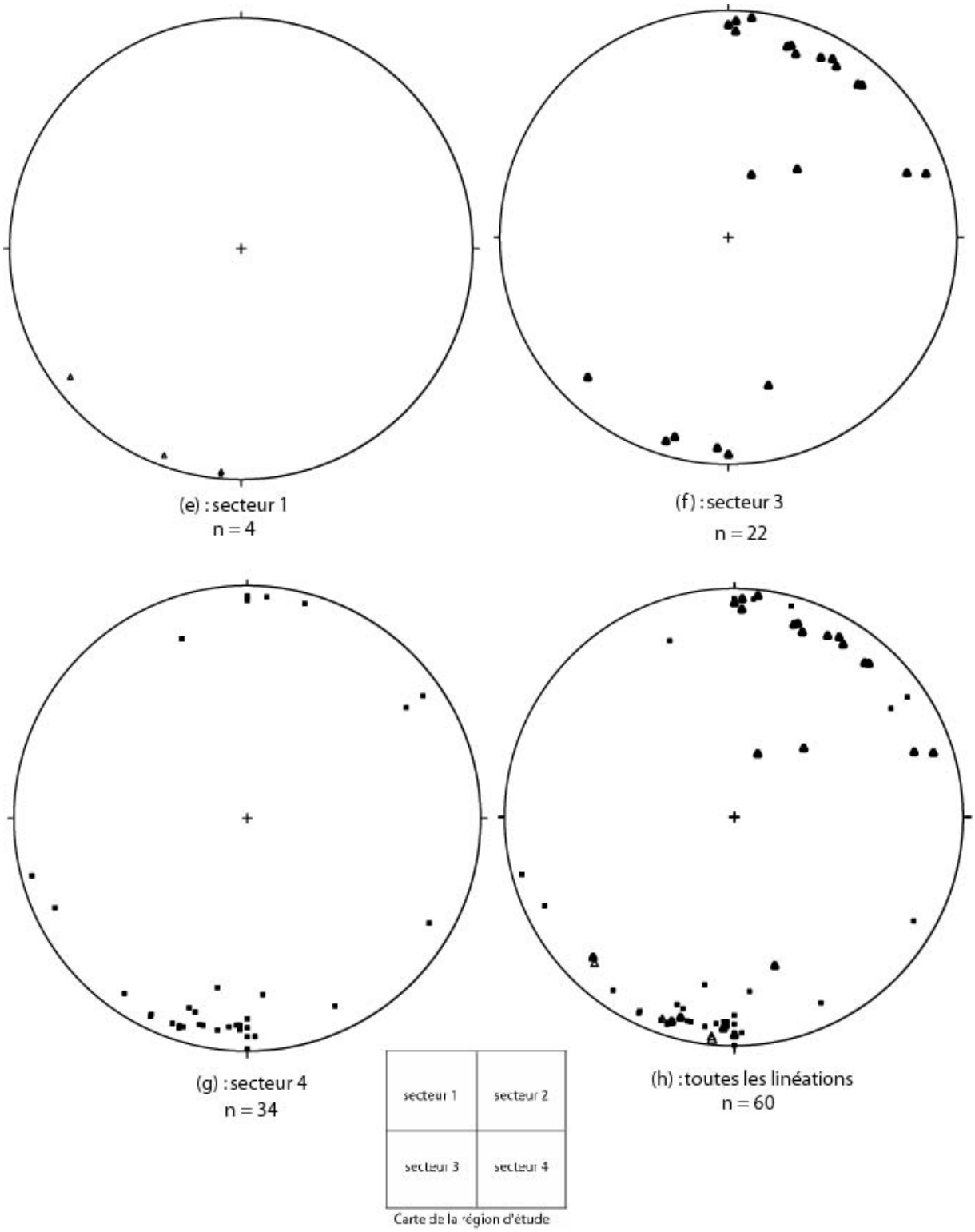


Figure 10. Stéréogrammes des pôles de linéation dans les différents secteurs de la région d'étude (Schmidt hémisphère inférieur).

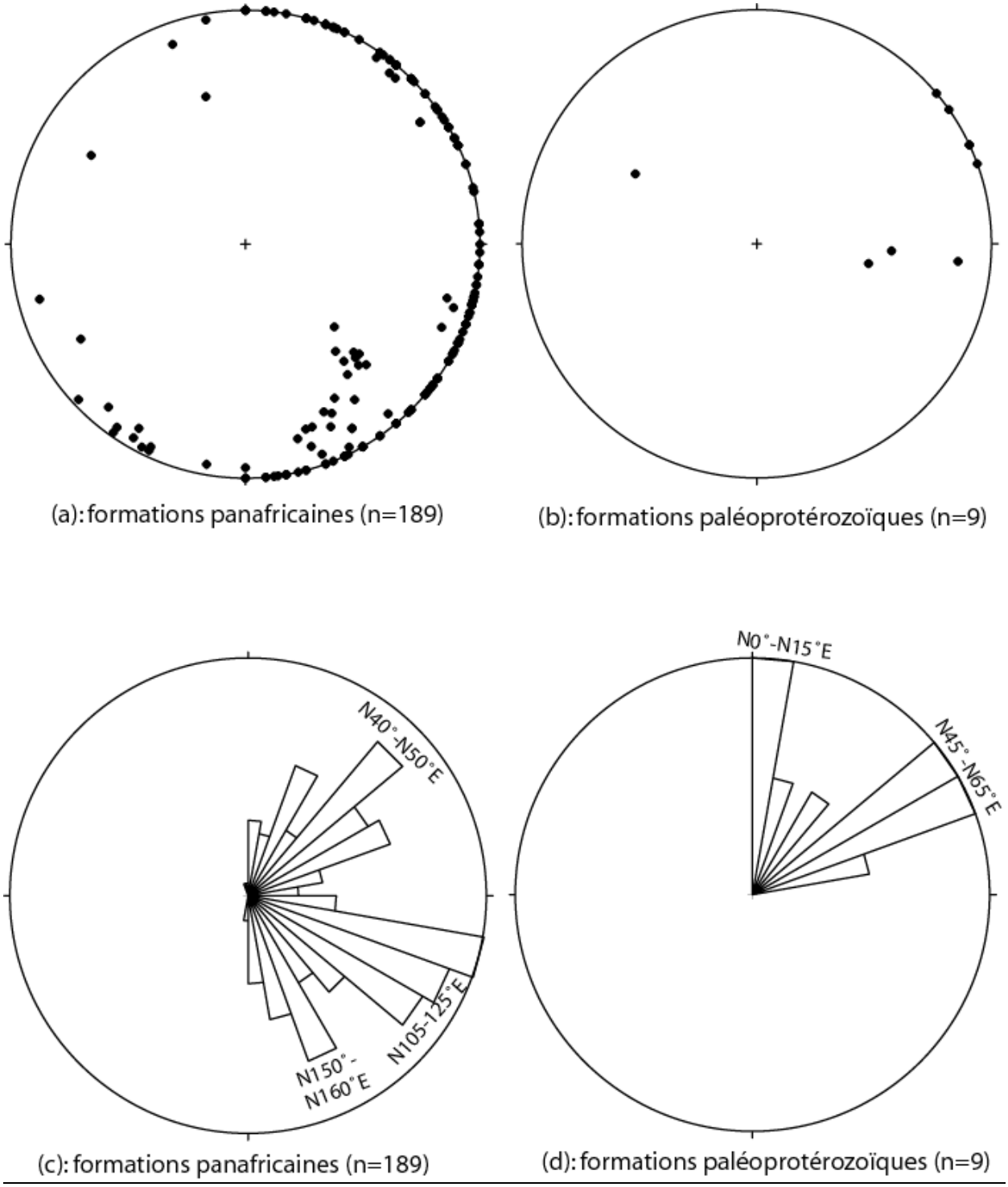


Figure 11. (a) et (b) stéréogrammes des pôles de plans de diaclases; (c) et (d) rosaces de distribution des diaclases dans la région d'étude

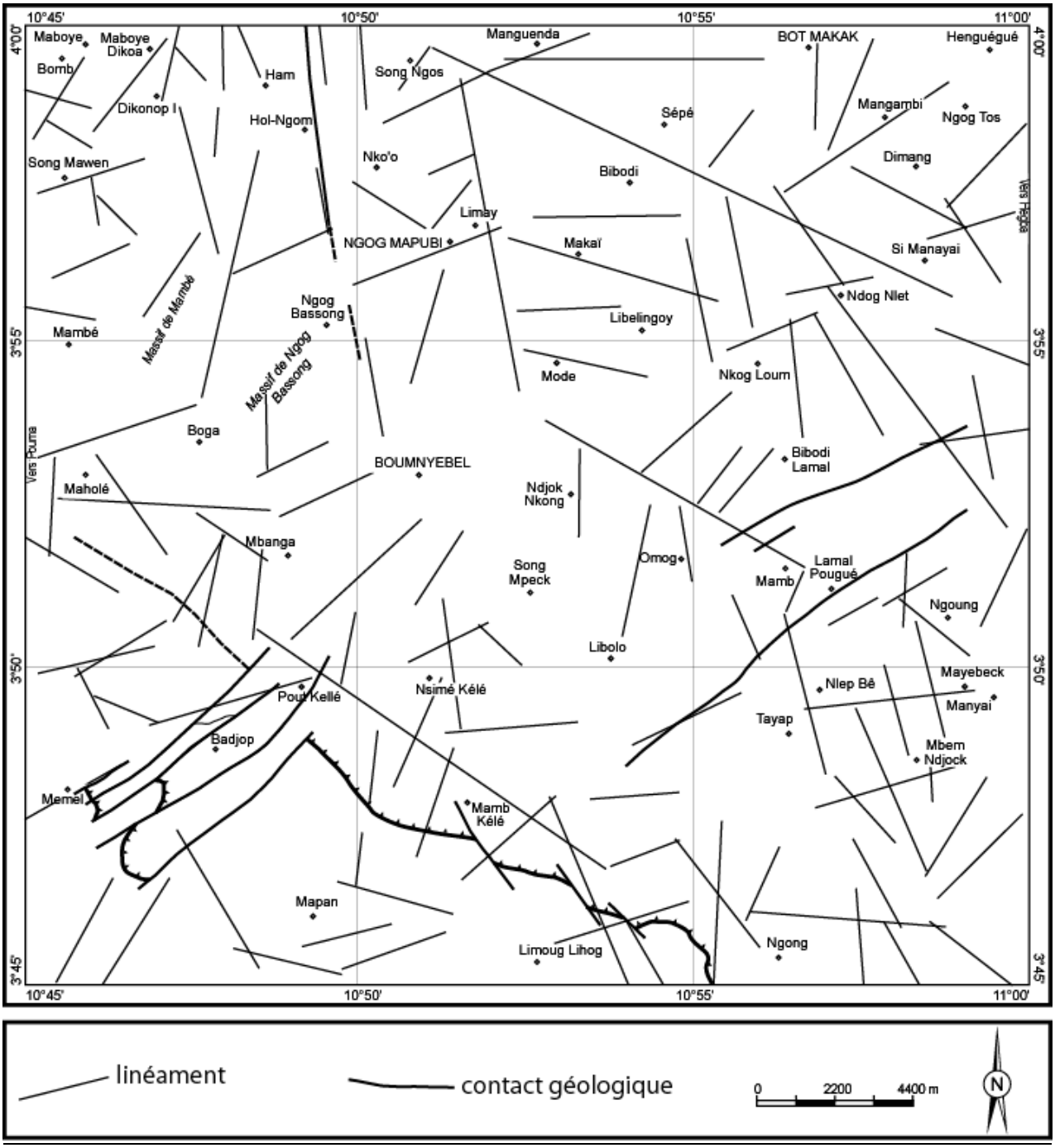


Figure 12. Carte des linéaments de la région étudiée basée sur le réseau hydrographique et les contacts géologiques.

La structure d'ensemble de la partie NE (fig. 8, secteur 2) rappelle un peu celle du quart nord-ouest avec un enroulement des pôles de foliation autour d'un axe NNE-SSW proche de l'horizontale (N09°E 19°S). Dans le quart sud-est, la structure d'ensemble est plutôt en dômes et bassins. Cela est bien visible sur le stéréogramme des pôles de foliation (fig. 8, secteur 4). Au sud, les micaschistes à grenat reposent par un contact anormal sur les orthogneiss paléoprotérozoïques. Les linéations à biotite ou à épidote des amphibolites et les linéations

d'étirement du quartz dans les micaschistes à grenat sont comme dans le quart sud-ouest orientées NNE-SSW, mais plongent faiblement vers le NNE ou le SSW (fig. 10). A noter l'existence de quelques sites avec des linéations proches de la direction EW. Dans le quart nord-est, peu de diaclases ont été mesurées sur le terrain et ne sont donc pas représentatives pour une étude statistique de la fracturation dans ce secteur. Les 19 mesures de diaclases effectuées dans le quart sud-est ont été reportées sur un canevas de Schmidt (fig. 11a).

II.1.3. Conclusion

Au total, dans la région de Boumnyebel les stéréogrammes montrent que la foliation est proche de l'horizontale. La majorité des pendages est comprise entre 5 et 15°, excepté dans le quart sud-ouest où quelques valeurs de foliations présentent des pendages élevés. L'ensemble correspond à une structure gaufrée (dômes et bassins) dans laquelle s'individualise une structure synclinale dont l'axe est NNE-SSW. Il apparaît également une direction majeure de linéation proche de NNE-SSW, n'excluant pas des orientations proches d'EW. La linéation plonge essentiellement vers le NNE ou le SSW. Il n'apparaît pas de différence de structuration entre les formations du groupe du Nyong et les formations du groupe de Yaoundé, à proximité du contact, en cohérence avec les études précédentes (Feybesse et *al.*, 1998).

Dans les formations panafricaines étudiées, la rosace de distribution des diaclases (fig. 12c) présente trois principales directions de fracturation, visibles aussi sur les stéréogrammes des pôles de plans de diaclases (fig. 11a): N105°-N125°E, N40°-N50°E et N150°-N160°E. La carte des linéaments (fig. 12) montre clairement que la direction N105°-N125°E est bien soulignée par les grands cours d'eau (Djouel, Pougué et Kéllé) et par les contacts entre formations panafricaines et paléoprotérozoïques qui sont orientés SE-NW. Les autres directions sont également visibles sur la carte des linéaments (fig. 12). La direction N40°-N50°E, bien connue dans la partie méridionale de la chaîne, est nettement soulignée sur la carte des linéaments par la majorité des contacts géologiques et des cours d'eau qui sont orientés dans la même direction. Elle est subparallèle à l'une (N50°-70°E) des trois directions principales de la fracturation dans la région de Yaoundé (Nzenti, 1987). La rosace de distribution des diaclases des formations paléoprotérozoïques (fig. 11d) présente, au sud-ouest de la carte, deux directions principales de fracturation, visibles aussi sur les stéréogrammes des pôles de plans de diaclases (fig. 11b): N0°-N15°E et N45°-65°E. La direction N45°-65°E est subparallèle à la direction N40°-N50°E des formations panafricaines.

II.2. CARACTERISATION DES ENSEMBLES LITHOLOGIQUES

Trois observations majeures nous ont conduits à distinguer dans les formations panafricaines un ensemble inférieur d'un ensemble supérieur, séparés par des talcschistes :

(i) la majorité des gisements de talcschistes apparaît sous forme de niveaux stratiformes autour de l'altitude 400-450 m ;

(ii) les variations systématiques de lithologies avec les amphibolites et pyroxenites situées vers la base et les micaschistes alumineux vers le sommet de la pile lithologique ;

(iii) la présence générale de veines de pegmatites dans la partie inférieure de l'édifice et leur absence dans la partie supérieure.

Ces lithologies panafricaines reposent tectoniquement sur des orthogneiss paléoprotérozoïques et les roches associées, comme relevé par les travaux antérieurs (ex: Feybesse et *al.*, 1998).

L'ensemble inférieur est constitué essentiellement de micaschistes à grenat riches en boudins d'amphibolite et d'intrusions de pyroxénites, hornblendites et métagabbros à grenat. Les biotitites à grenat forment des couches dans les micaschistes à grenat. Les amphibolites à grenat et celles à épidote associées aux gneiss à amphibole reposent souvent sur les micaschistes à grenat. L'ensemble supérieur comprend, pour l'essentiel, des micaschistes à grenat, généralement riches en quartz à la base, et vers le sommet des micaschistes à grenat-disthène passant localement à des migmatites à grenat-disthène. A noter la présence d'un niveau de marbre dolomitique.

II.2.1 Ensemble des orthogneiss à biotite et amphibolites à grenat (Paléoprotérozoïque)

II.2.1.1. Caractérisation pétrographique

Cet ensemble comprend les orthogneiss à biotite et les amphibolites à grenat. Les orthogneiss à biotite contiennent des niveaux d'amphibolites à grenat (fig. 13). La description microscopique de ces faciès est donnée dans le tableau I. Elle portera sur les minéraux essentiels et sur les minéraux accessoires qui présentent des particularités.

Les orthogneiss à biotite ─ Ils affleurent de façon très sporadique au sud et sud-est de la région étudiée. Ils sont recouverts tectoniquement par les micaschistes à grenat et les talcschistes panafricains. Ils ont été observés autour des localités de Limoug Lihog, Mapan et Memel (fig. 6). Au sud-ouest de la carte (Memel), ils sont dépourvus de grenat et sont recouverts par les talcschistes et les amphibolites à grenat (fig. 6). Dans la tranchée routière de Mapan, ces orthogneiss sont migmatitiques et contiennent du grenat et des boudins d'amphibolite à grenat. Ils sont déformés par des plis isoclinaux associés à des cisaillements de direction N07°E 75°E. La linéation à biotite est méridienne et proche de l'horizontale. Ces orthogneiss à biotite montrent de nombreux joints secs orientés N10° et N70°E, avec des pendages compris entre 40° et 90° vers l'est. Les veines quartzofeldspathiques de la tranchée routière de Mapan sont plissées, cisaillées et transposées, montrant que la déformation est synchrone de la fusion (fig. 13). La carrière de Mapan se caractérise par l'abondance des orthogneiss à biotite riches en grenat et épidote. Ils sont associés à des micaschistes à grenat à intercalations de quartzites. Les faciès d'orthogneiss (à biotite) sombres ont une foliation moyennement marquée par des lits continus quartzofeldspathiques, épais en moyenne de 6 cm, qui alternent avec des lits à biotite, d'épaisseur comprise entre 2 mm et 2.5 cm, leur donnant un aspect migmatitique. Les orthogneiss (à biotite) clairs montrent une foliation marquée par l'alternance de lits quartzofeldspathiques (épaisseur de 1 à 2 cm) et de lits irréguliers de biotite (0.5 à 1 cm).

Les amphibolites à grenat ─ Elles n'ont été observées que dans la tranchée routière de Mapan, sous forme de niveaux boudinés d'épaisseur maximale 80 cm, au sein des orthogneiss à biotite.

II.2.1.2. Compositions chimiques et nature des roches initiales

Nous avons analysé 4 échantillons d'orthogneiss à biotite du socle paléoprotérozoïque. Les teneurs en silice des orthogneiss à biotite varient peu (SiO_2 = 67.34 à 71.90%). Les échantillons MP1, MP4 et ME2 ont les caractéristiques des TTG, l'échantillon MP3 possède par contre les caractères des granodiorites calco-alcalines (fig. 14).

Tableau I. Description microscopique des orthogneiss à biotite et des amphibolites à grenat paléoprotérozoïques.

Type pétrographique	Minéralogie et structure
Orthogneiss à biotite	Minéraux essentiels : quartz (30-35%), plagioclase (40-45%), K-feldspath (2-10%), muscovite (2-10%), biotite (5-15%), grenat (1-2%), épidote (2-3%), amphibole (≤ 1%) Minéraux accessoires : chlorite (1-2%), ankérite, sphène, graphite, zircon, tourmaline, apatite, oxydes Texture : Dans ces roches à texture granoblastique, une première foliation soulignée par des cristaux de quartz en rubans dans un fond constitué de cristaux de quartz et de feldspath (taille variant de 0.5 à 1.5 mm) apparaît antérieure à une seconde foliation marquée par l'orientation des micas (muscovite, biotite) et la chlorite. Les cristaux de feldspath sont partiellement transformés en une multitude de petits cristaux de muscovite (plus rarement biotite). Ils forment aussi des amas granulés moulés par les cristaux de quartz en rubans. Les micas peuvent présenter des déformations en kink. Dans certains échantillons, la biotite, partiellement transformée en chlorite, est orientée selon les deux schistosités. Le grenat se présente soit en cristaux xénomorphes, soit en cristaux automorphes avec des faces distinctes correspondant à une surcroissance. Il contient souvent des inclusions de cristaux de quartz parfois disposées en structure hélicitique. L'épidote forme une multitude de petits cristaux apparus aux dépens de la biotite et des feldspaths. Les reliques d'amphibole sont entourées de biotite. Les minéraux accessoires sont généralement en inclusion dans la biotite. Des cristaux d'ankérite peuvent souligner la schistosité ou former des plages pœciloblastiques. Voir planche photographiques dans la figure 13.
Amphibolites à grenat	Minéraux essentiels : amphibole (50%), plagioclase (20%), grenat (10%), quartz (7%), ilménite et magnétite (4%), épidote (5%), biotite (2%), Minéraux accessoires : chlorite (2%), sphène, apatite, rutile Texture : La roche présente une texture coronitique fortement développée surimposée à une texture granoblastique. La roche est constituée essentiellement de plagioclase, amphibole et oxydes. Certaines amphiboles sont nuageuses (riches en inclusion de petits cristaux d'oxydes). Les oxydes (ilménite et magnétite) sont systématiquement auréolés d'une couronne d'amphibole. La biotite cristallise également autour de ces oxydes. Le grenat est automorphe, nettement zoné, avec un cœur pauvre en inclusions et une bordure automorphe riche en inclusions, montrant ainsi deux stades de croissance. Le plagioclase est de deux types : (i) l'un forme le fond de la roche, est de forme isométrique et correspond à une andésine, (ii) l'autre forme une couronne autour de certains grenats et correspond à de l'oligoclase. L'épidote cristallise sur tous les autres minéraux et forme notamment des auréoles autour du sphène. Ces relations texturales suggèrent l'existence de deux paragenèses : la première à plagioclase, amphibole, oxyde, grenat et sphène et à texture granoblastique pourrait correspondre au métamorphisme d'âge paléoprotérozoïque ; la seconde marquée par une surcroissance de grenat automorphe autour des cristaux de grenat, de couronnes d'amphibole et biotite autour des oxydes, et de plagioclase (oligoclase) autour du grenat, et l'épidote tardive correspond vraisemblablement au métamorphisme d'âge panafricain. Voir planche photographiques dans la figure 13.

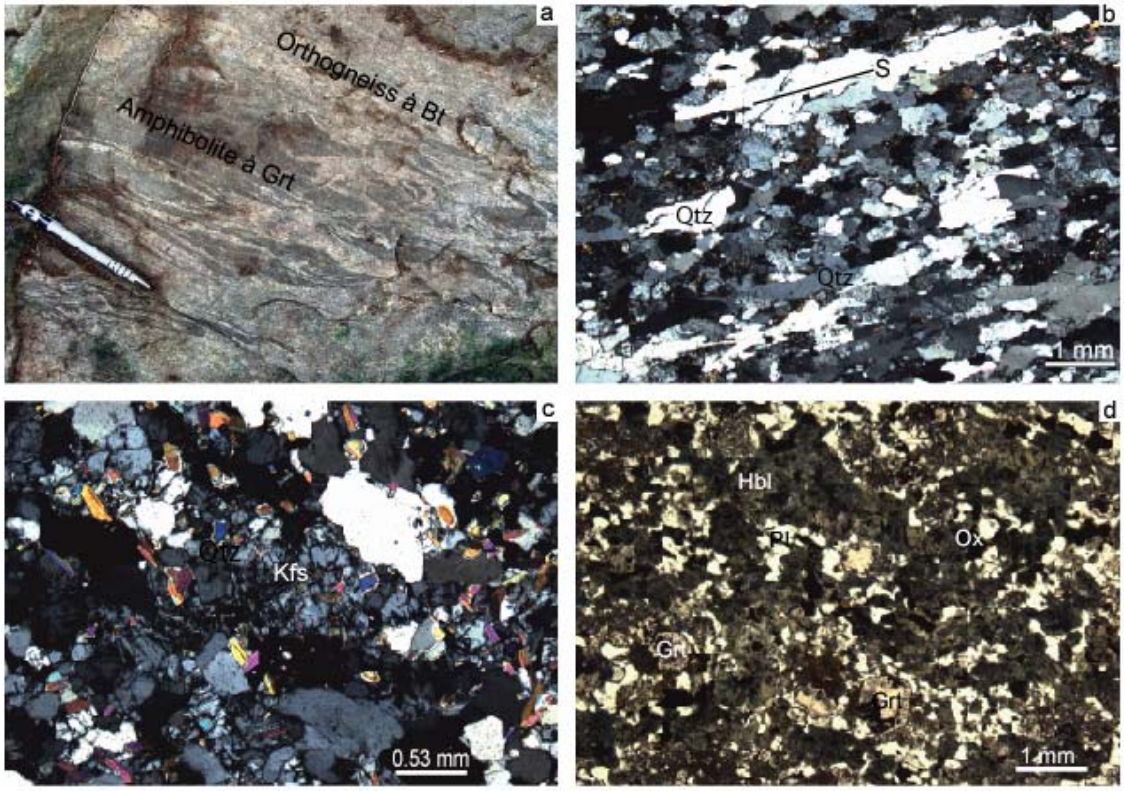


Figure 13. Microphotographies des orthogneiss à biotite et des amphibolites à grenat paléoprotérozoïques.
(a) Orthogneiss (à biotite) tonalitique montrant des niveaux dilacérés d'amphibolite à grenat (tranchée routière de Mapan, sud-ouest de la carte). L'orthogneiss à biotite est migmatitique. La longueur du stylo sur la photo est de 15 cm.
(b) Quartz en ruban soulignant une foliation antérieure paléoprotérozoïque (S) dans les orthogneiss tonalitiques (tranchée routière de Mapan). La matrice est légèrement granoblastique mais avec des joints de grains irréguliers.
(c) Texture granoblastique dans les orthogneiss à biotite de Memel (sud-ouest de la carte), montrant des joints de grains plus rectilignes et une surcroissance de petits cristaux de muscovite (panafricains).
(d) Amphibolite à grenat de la tranchée routière de Mapan montrant une ancienne texture granoblastique (paléoprotérozoïque) sur laquelle s'est surimposée une texture coronitique (panafricaine) marquée par le développement généralisé de hornblende autour des cristaux d'oxyde et l'apparition de surcroissances automorphes autour des cristaux de grenat.

Tableau II. Analyses en roche totale des orthogneiss à biotite et des amphibolites à grenat paléoprotérozoïques

Type pétrographique	Orthogneiss à biotite				Amphibolite à grenat
Echantillon	**MP1**	**MP3**	**MP4**	**ME2**	**MP2**
SiO_2 (%)	71.90	67.34	69.93	69.27	43.63
Al_2O_3	15.73	12.26	15.59	16.70	15.39
$Fe_2O_{3tot.}$	1.58	5.33	2.65	1.04	18.08
MnO	0.02	0.07	0.04	0.01	0.17
MgO	0.58	3.16	1.10	0.62	6.37
CaO	3.31	2.68	3.24	1.34	10.19
Na_2O	4.82	1.94	4.60	3.58	2.58
K_2O	1.63	2.69	2.14	1.82	0.54
TiO_2	0.18	0.67	0.26	0.12	1.45
P_2O_5	0.05	0.15	0.07	0.04	0.44
PF	0.50	2.83	0.66	4.04	0.97
Total	100.32	99.11	100.28	98.56	99.82
Ba (ppm)	623	879	873	2471	105
Co	3	15	7	3	68
Cr	10	84	24	22	14
Cs	0	5	1	0	0
Cu	-	19	-	4	66
Ga	19	17	21	18	23
Hf	3	4	3	3	1
Nb	2	9	3	1	1
Ni	7	40	17	12	69
Rb	43	102	75	38	22
Sr	407	147	397	399	533
Th	12	9	11	28	1
U	1	2	1	1	0
V	14	103	35	14	458
Y	2	20	3	2	12
Zn	25	94	42	15	138
Zr	110	168	94	85	14
La	33.69	28.22	25.93	33.89	13.76
Ce	54.07	56.83	40.52	58.66	31.61
Pr	5.23	6.49	3.79	6.32	4.43
Nd	16.17	24.38	12.14	20.70	20.36
Sm	2.03	4.77	1.53	2.68	4.46
Eu	1.18	1.08	0.68	0.70	1.57
Gd	1.18	4.11	0.99	1.39	3.48
Tb	0.12	0.61	0.12	0.14	0.45
Dy	0.51	3.59	0.57	0.57	2.46
Ho	0.07	0.69	0.10	0.08	0.43
Er	0.18	1.95	0.27	0.20	1.12
Tm	0.03	0.30	0.04	0.02	0.15
Yb	0.16	2.00	0.27	0.17	0.93
Lu	0.03	0.30	0.04	0.03	0.14

Dans les trois autres échantillons (MP1, MP4 et ME2), les teneurs en Fe_2O_3+MgO+MnO+TiO_2 sont comprises entre 1.79 et 4.04 %. Leur teneur en Na_2O est élevée (3.58 à 4.82%) avec un rapport K_2O/Na_2O faible (0.34 à 0.51). Ces caractéristiques sont celles des roches de type TTG comme le montre le diagramme normatif An-Ab-Or (O'Connor, 1965) (fig. 14a). Les échantillons MP1 et MP4 sont des TTG sodiques. La teneur élevée de la perte au feu (4.04%) dans l'échantillon ME2 montre que ce dernier est plus rétromorphosé que la granodiorite MP3 (PF=2.83). Les échantillons MP1, MP3, MP4 et ME2 montrent des teneurs en éléments majeurs comparables à celles des TTG du craton du Congo, notamment de la région de Sangmélima (Shang et *al.*, 2004). Les TTG de la région de Boumnyebel sont pauvres en ferromagnésiens (Fe_2O_3+MgO+MnO+TiO_2) par rapport aux TTG de Sangmélima qui ont respectivement des valeurs qui varient entre 7 et 18% (Shang et *al.*, 2004). L'échantillon MP3 est caractérisé par un rapport K_2O/Na_2O élevé (1.38) comparé aux autres roches. Il montre en outre une teneur plus basse en Al_2O_3 couplée à une somme (Fe_2O_3+MgO+TiO_2) deux fois plus élevées. Le rapport A/CNK = [Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O) mol%]) est un indicateur du caractère alumineux des granitoïdes. Un caractère peralumineux est observé dans la granodiorite MP3 (A/CNK = 1.11) et dans l'échantillon de TTG ME2 (A/CNK= 1.62). Les deux autres TTG (MP1 et MP4) ont des valeurs très proches de la saturation (0.99 < A/CNK < 1). Ces valeurs sont semblables à celles obtenues dans les TTG de Sangmélima (1 < A/CNK < 1.08) (Shang et *al.*, 2004).

Les teneurs en Ni et Cr des échantillons trondhjémitiques varient respectivement de 7 à 17 et de 10 à 24 ppm. L'échantillon MP3 se distingue des précédents par sa richesse en Co, Cr, Cu, Ni, Rb, V, Y et Zn (tab. II). En revanche il est plus pauvre en Sr que ces derniers. Le rapport K/Rb varie de 237 à 395 avec une moyenne de 316 pour les 3 TTG. Il est proche de celui obtenu dans les TTG archéens de la plupart des cratons qui se situe autour de 200-300 (Condie, 1981). Le rapport K/Rb est plus bas dans l'échantillon MP3 (219).

Les spectres des terres rares montrent que les échantillons MP1, MP4 et ME2 sont enrichis en terres rares légères ($8.2 \leq La_N/Sm_N \leq 10.9$) et appauvris en terres rares lourdes (Yb_N = 1.0-1.6) par rapport aux chondrites (fig. 12c). Le rapport La_N/Sm_N dans MP3 est faible (3.82) comparé au même rapport dans les autres roches.

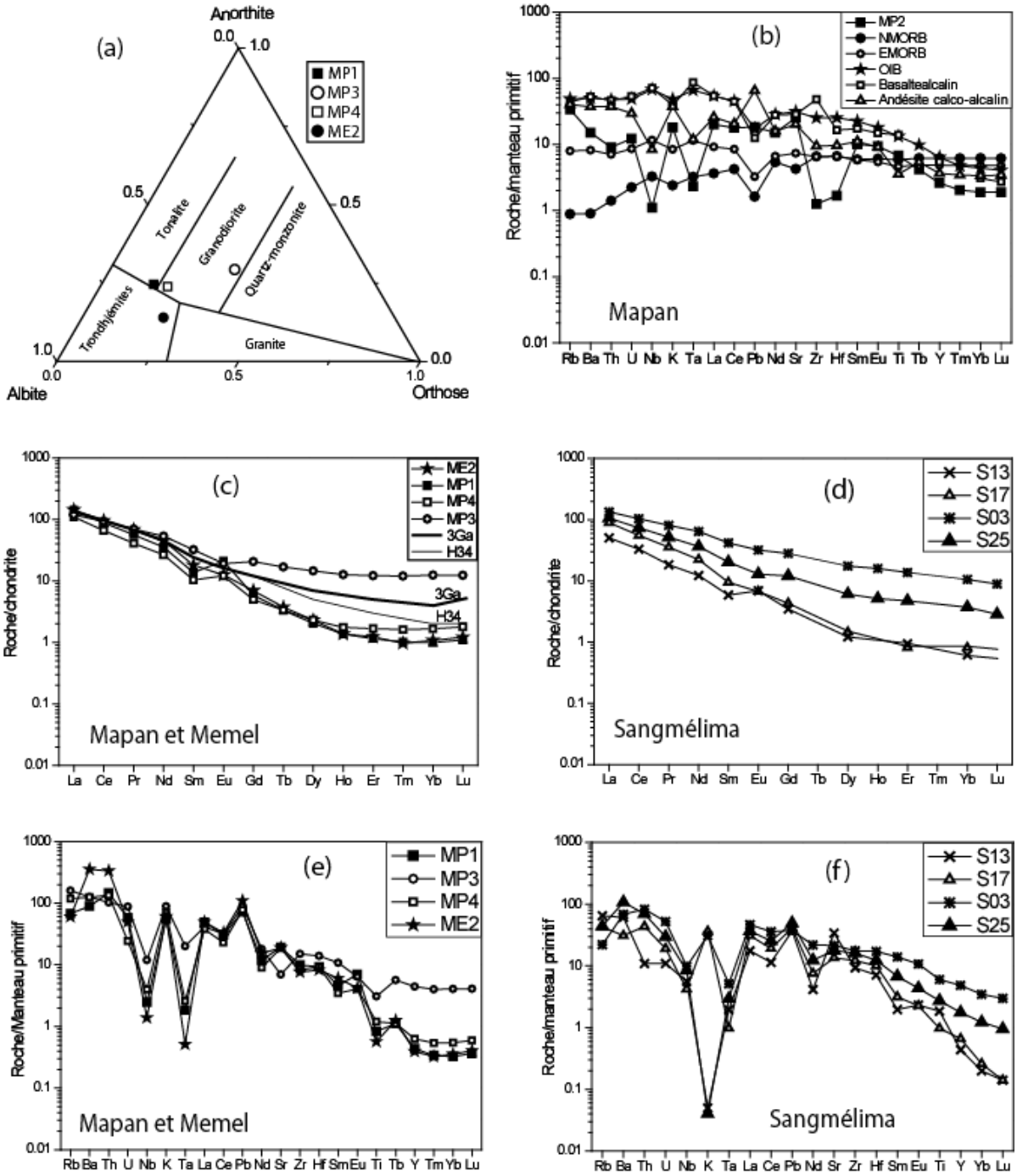


Figure 14. Diagrammes chimiques des orthogneiss à biotite (groupe Nyong) et des orthogneiss de Sangmélima utilisés pour comparaison. (a) Diagramme normatif Ab-An-Or (O'Connor, 1965) modifié par Barker (1979). (b) Spectre multiélémentaire de l'amphibolite à grenat associée aux orthogneiss à biotite du socle (MP2) comparé aux spectres de basalte alcalin (Kagou et *al*., 1998), d'andésite calco-alcaline (El Hadi et *al*., 2006), de N-MORB, de E-MORB, et de OIB. (c) Spectres des terres rares des orthogneiss à biotite de la région d'étude comparés à deux TTG d'âge archéen (éch. 3Ga et H34) (Martin, 1987a ; Martin et *al*. 2005). (d) Spectres des terres rares de la région de Sangmélima (Shang et *al*., 2004). (e) et (f) Spectres multiélémentaires pour les orthogneiss à biotite de la région d'étude et des TTG (éch. S13, S17) et des charnockites (éch. S03, S25) de Sangmélima (Shang et *al*., 2004), respectivement. Normalisation selon Sun et McDonough (1989) et McDonough et Sun (1995)

Le rapport La_N/Yb_N varie de 69.4 à 151 dans les TTG contre 10.1 dans MP3. Les spectres des échantillons MP1, MP4 et ME2 sont semblables à ceux des TTG en général (Martin, 1987a; Martin et *al.,* 2005), excepté le fait qu'ils présentent une anomalie positive en Eu (Eu/Eu* = 1.1-2.3). L'échantillon MP3 (tab. II) montre une anomalie négative en Eu (0.7) et apparaît nettement plus enrichi en terres rares lourdes (Yb_N = 12.1). Cet enrichissement en terres rares lourdes est probablement dû au taux de fusion élevé. Il ressemble en cela aux granites post-archéens.

Les spectres multiélémentaires sont similaires dans les 3 TTG. Ils montrent une forte anomalie négative en Nb, Ta et Ti et une anomalie positive en Pb, Tb, Sr et Eu. Sr montre une anomalie négative dans MP3. Le rapport Th/U est de 4.73 dans la granodiorite (MP3) et varie de 10.2 à 27.3 dans les TTG. Toutes ces caractéristiques sont celles des TTG archéens tels que définis par Martin (1994). Ces spectres comparés à ceux de quelques échantillons de la région de Sangmélima (Shang et *al.,* 2004) montrent une certaine similitude. Quelques différences peuvent cependant être constatées: les anomalies négatives en Nb et Ta sont plus importantes dans les TTG de la région de Boumnyebel et l'anomalie négative importante en K dans certains TTG de la région de Sangmélima est inexistante dans les TTG de la région de Boumnyebel. De plus une faible anomalie négative en Ti, inexistante dans les TTG de la région de Sangmélima, est observée dans les TTG de la région de Boumnyebel (fig. 14).

Nous avons également analysé un échantillon d'amphibolite à grenat (éch. MP2) associé aux orthogneiss de Mapan. La composition en éléments majeurs est celle d'un basalte. Le spectre des terres rares est peu enrichi en terres rares légères (La_N/Sm_N = 1.93) et en terres rares lourdes (Yb_N = 5.80) par rapport aux chondrites. Il montre une faible anomalie positive en Eu (Eu/Eu* = 1.22). Comme nous le verrons plus loin (fig. 17), il est plus fractionné en terres rares lourdes que les amphibolites à grenat panafricaines. Le spectre multiélémentaire montre une anomalie négative en Nb, Ta, Zr et Hf. Ce spectre comparé à ceux de basalte alcalin, andésite calco-alcaline, N-MORB, E-MORB et OIB, se rapproche du spectre de l'andésite calco-alcaline (fig. 14b).

II.2.2 Amphibolites et roches associées (Panafricain)

Les amphibolites sont bien représentées dans l'ensemble inférieur panafricain. Nous les avons regroupées pour leur description car elles correspondent à un ensemble d'origine magmatique et possiblement volcanique, interstratifiées dans les micaschistes.

II.2.2.1. Description pétrographique des amphibolites et des roches associées

Nous distinguons cinq grands types pétrographiques: (i) les amphibolites à grenat, (ii) les amphibolites à grenat-clinopyroxène, (iii) les amphibolites à épidote, (iv) les gneiss à amphibole et (v) les gneiss à biotite (tab. III). D'une façon générale ces faciès affleurent aussi bien au nord qu'au sud de la région d'étude, en niveaux décimétriques ou métriques plus ou moins boudinés dans les micaschistes (fig. 15), ou en couches sous les talcschistes. Les épaisseurs peuvent atteindre localement la vingtaine de mètres comme à l'ouest de Mbanga. Elles affleurent souvent en dalles ou blocs plurimétriques (12 x 8 m) épars sur les flancs, parfois au sommet, des collines de micaschistes, dans le lit des cours d'eau ou en bordure des zones marécageuses. Elles sont le plus souvent recoupées par des veines quartzofeldspathiques d'épaisseur variable (< 15 cm). La foliation, plus ou moins marquée selon les cas, est soulignée par des alternances entre lits riches en amphibole et lits de nature quartzofeldspathique, et par l'orientation des cristaux d'amphibole. Les descriptions microscopiques sont données dans le tableau III.

Les amphibolites à grenat ─ L'affleurement le plus important, situé au sud-ouest (fig. 6), est probablement séparé des micaschistes à grenat par une faille. Nous considérons ces amphibolites comme d'âge panafricain contrairement à Stendal et *al.* (2006) qui les considère comme d'âge paléoprotérozoïque et comme reposant tectoniquement sur les orthogneiss à biotite du socle paléoprotérozoïque. Les arguments sont développés plus loin dans le chapitre 3. Dans la tranchée routière de Mbanga, les amphibolites affleurent en lits plus ou moins boudinés, d'épaisseur métrique, et recoupés par des veines quartzofeldspathiques peu épaisses (1 à 2 mm). Elles sont à biotite au sud-est, dans la localité de Mamb Kellé (éch. MK8). Au nord de la carte, les amphibolites à grenat montrent par endroits un rubanement lithologique marqué par l'alternance de lits quartzofeldspathiques (1 à 3 mm) et de bancs d'amphibolite (≥ 3 dm).

Ce rubanement est recoupé de filons pegmatitiques d'épaisseur de 1 à 15 cm et orientés N05°E.20°E (fig. 15).

Les amphibolites à grenat-clinopyroxène ─ Elles affleurent uniquement dans la forêt "Mandjeng" (Boga), au centre-ouest de la carte, en blocs métriques à plurimétriques (4x3m) dans un bas-fond mal drainé. Ces amphibolites à grenat-clinopyroxène (éch. BOG3) semblent être au départ des blocs contenus dans les micaschistes à grenat environnants.

Les amphibolites à épidote ─ Ces amphibolites sont riches en épidote, mais peuvent contenir de la biotite en proportion non négligeable (Bibodi). L'affleurement le plus important se trouve au centre-ouest, à Pout Kellé-Nord, au sud du cours d'eau "Kellé". Cet affleurement est une colline haute d'environ 50 m constituée d'amphibolite à épidote. Ces amphibolites renferment une multitude de veines feldspathiques subparallèles (1-6 cm d'épaisseur) qui soulignent le litage compositionnel. Elles reposent sur des micaschistes à grenat dans le cours d'eau "Lep Maben".

Les gneiss à amphibole ─ Ils forment à l'ouest de la région d'étude, dans la localité de Ngog Bassong, une couche plurimétrique d'environ 30 m de long à la base de la "chute de Kowoum". La partie à l'affleurement est épaisse de 1.30 m et elle est recouverte d'un niveau d'amphibolite à grenat épais de 80 cm. Cet ensemble est surmonté d'un niveau de plus de 100 m d'épaisseur de micaschistes à grenat contenant des boudins métriques d'amphibolite à grenat. C'est sur cette pile de roches variées montrant deux replats que coulent les eaux de la "chute de Kowoum". Au nord-ouest de la carte, les gneiss à amphibole sont à biotite-épidote-grenat. Dans le lit du cours d'eau "Lep Maben", ils affleurent en dalles métriques alternant avec des niveaux d'amphibolite à grenat, soulignant ainsi le rubanement lithologique. La foliation est orientée N150°E, 35°ENE. Dans certains cas la texture est mylonitique et peut contenir des clastes feldspathiques en forme d'amande, d'épaisseur moyenne 1.3 cm. Très localement ont été observés, en association avec les gneiss à amphibole, des gneiss à biotite.

Les gneiss à biotite ─ Ils affleurent uniquement au sud-est de la région d'étude, dans le lit du cours d'eau "Lep Maben" où ils sont recouverts par les amphibolites à grenat. L'orientation de la foliation est la même que dans les amphibolites à grenat (N155°E, 30°ENE).

Tableau III. Description microscopique des amphibolites et roches associées panafricaines.

Type pétrographique	Minéralogie et structure
Amphibolite à grenat	Minéraux essentiels : amphibole (55-65%), plagioclase (10-20%), grenat (10-15%), quartz (10-15%), épidote (2-4%), calcite (1%) Minéraux accessoires : biotite (<1%), chlorite, sphène, apatite, oxydes, rutile, zircon Texture : La schistosité est soulignée par l'amphibole et l'épidote. Certaines amphibolites à grenat sont très mésocrates. Le grenat se présente en cristaux arrondis, de taille demi-centimétrique. Il contient généralement des inclusions de quartz, plagioclase, rutile, amphibole, épidote. Il est parfois séparé du plagioclase par une couronne constituée de petites plages de plagioclase (An 25-28) auxquelles sont parfois associés des microcristaux de quartz, d'épidote et de sphène. Dans certains échantillons, des petits cristaux de grenat ont cristallisé aux dépens des amphiboles et des feldspaths. L'épidote peut être en inclusion dans l'amphibole. Elle peut être très zonée dans certains échantillons, et contenir des cœurs d'allanite. Les épidotes synchrones de la paragenèse synschisteuse se présentent en prismes allongés (0.2x0.3 à 0.7x1.1 mm), tandis que les cristaux plus tardifs sont en plages pœciloblastiques (1.5x3 mm) formant des symplectites avec le quartz. Les épidotes se présentent aussi en baguettes perpendiculaire et oblique à la schistosité. L'épidote apparaît également en symplectites avec le quartz formant des cristaux tardifs sécants sur la foliation. Le plagioclase est parfois zoné optiquement. Certaines amphibolites ont deux générations de plagioclase (An38 et An17-28), la seconde correspondant aux couronnes entre grenat et amphibole. Les accessoires sont souvent en inclusion dans les autres minéraux. Biotite et chlorite sont des minéraux secondaires provenant de l'altération du grenat et de l'amphibole. Le sphène est souvent auréolé d'épidote et dans certains cas se développe autour du rutile. Voir planche photographiques dans la figure 15.
Amphibolite à grenat-clinopyroxène	*Minéraux essentiels* : amphibole (53%), plagioclase (15%), grenat (10%), quartz (1.5%), clinopyroxène (15%), épidote (5%) *Minéraux accessoires* : sphène (<1%), biotite, rutile, apatite, calcite, oxydes *Texture* : La texture est nématogranoblastique hétérogranulaire. La schistosité est soulignée par l'amphibole et l'épidote. L'amphibole est associée au grenat et à l'épidote. Le clinopyroxène (diopside) est toujours entouré par l'amphibole et renferme parfois des inclusions d'amphibole. Le grenat a des inclusions d'épidote, d'amphibole et de biotite. Certains grenat sont squelettiques. Le plagioclase est souvent interstitiel entre amphibole, grenat et épidote. Il est rétromorphose en épidote. Les poeciloblastes d'épidote (zoïsite) forment des symplectites avec le quartz. Certains épidotes sont maclées Carlsbad. Les épidotes se développent aux dépens de grenat et du plagioclase. Le quartz tout comme la calcite est interstitiel. Le sphène est toujours à coeur de rutile et est toujours entouré d'oxydes.
Amphibolite à épidote	Minéraux essentiels : amphibole (55-65%), plagioclase (10-20%), épidote (15-20%), quartz (5-7%) Minéraux accessoires : calcite (1-2%), rutile, sphène, oxydes Texture : La schistosité est généralement soulignée par l'amphibole et l'épidote. Le quartz peut cependant former des rubans polycristallins très fins et continus alternant avec des lits à amphibole. Les plagioclases jointifs montrent fréquemment une texture granoblastique. Les épidotes apparaissent en cristaux trapus subautomorphes ou en baguettes. Elles sont abondantes et montrent une zonation assez systématique soit optique (deux zones), soit marquée par des cœurs d'allanite ou d'inclusions de rutile ou de sphène. Certaines épidotes ont un caractère rétromorphique avec des textures de symplectite avec le quartz. L'altération de l'amphibole est marquée par la présence de calcite.

Tableau III (suite). Description microscopique des amphibolites et roches associées panafricaines.

Type pétrographique	Minéralogie et structure
Gneiss à amphibole	Minéraux essentiels : plagioclase (30-40%), quartz (25-35%), amphibole (15-20%), biotite (5-15%), grenat (5%), épidote (1-3%), feldspath-K (1-2%) Minéraux accessoires : calcite (< 1%), apatite, rutile, oxydes, sphène, zircon Texture : La foliation est soulignée par l'alternance de lits à amphibole et biotite et de lits quartzofeldspathiques. Le quartz et la biotite sont broyés, microplissés, étirés dans la schistosité. Le plagioclase dans certains échantillons est déformé et montre des macles en biseaux. Certaines épidotes sont secondaires et forment des symplectites avec le quartz. D'autres ont des cœurs d'allanite et sont zonées. Voir planche photographiques dans la figure 15.
Gneiss à biotite	Minéraux essentiels : plagioclase (55%), quartz (31%), biotite (7%), épidote (3%), orthose (2%), calcite (1%) Minéraux accessoires : chlorite (< 1%), oxydes (< 1%), sphène (< 1%), apatite, rutile, zircon Texture : La foliation est soulignée par l'alternance de lits quartzofeldspathiques et de lits de biotite + épidote + calcite + sphène. Les gros cristaux de plagioclase, d'orthose et de quartz sont souvent moulés soit par la biotite + épidote + sphène, soit par les petits cristaux de même nature présentant une texture granoblastique. La biotite est en cours de chloritisation. Les épidotes primaires sont généralement à coeur d'allanite alors que celles secondaires se développent sur les cristaux de biotite et ne sont pas orientées. Le zircon et le rutile sont en inclusion dans la biotite. L'apatite est en inclusion dans l'épidote.

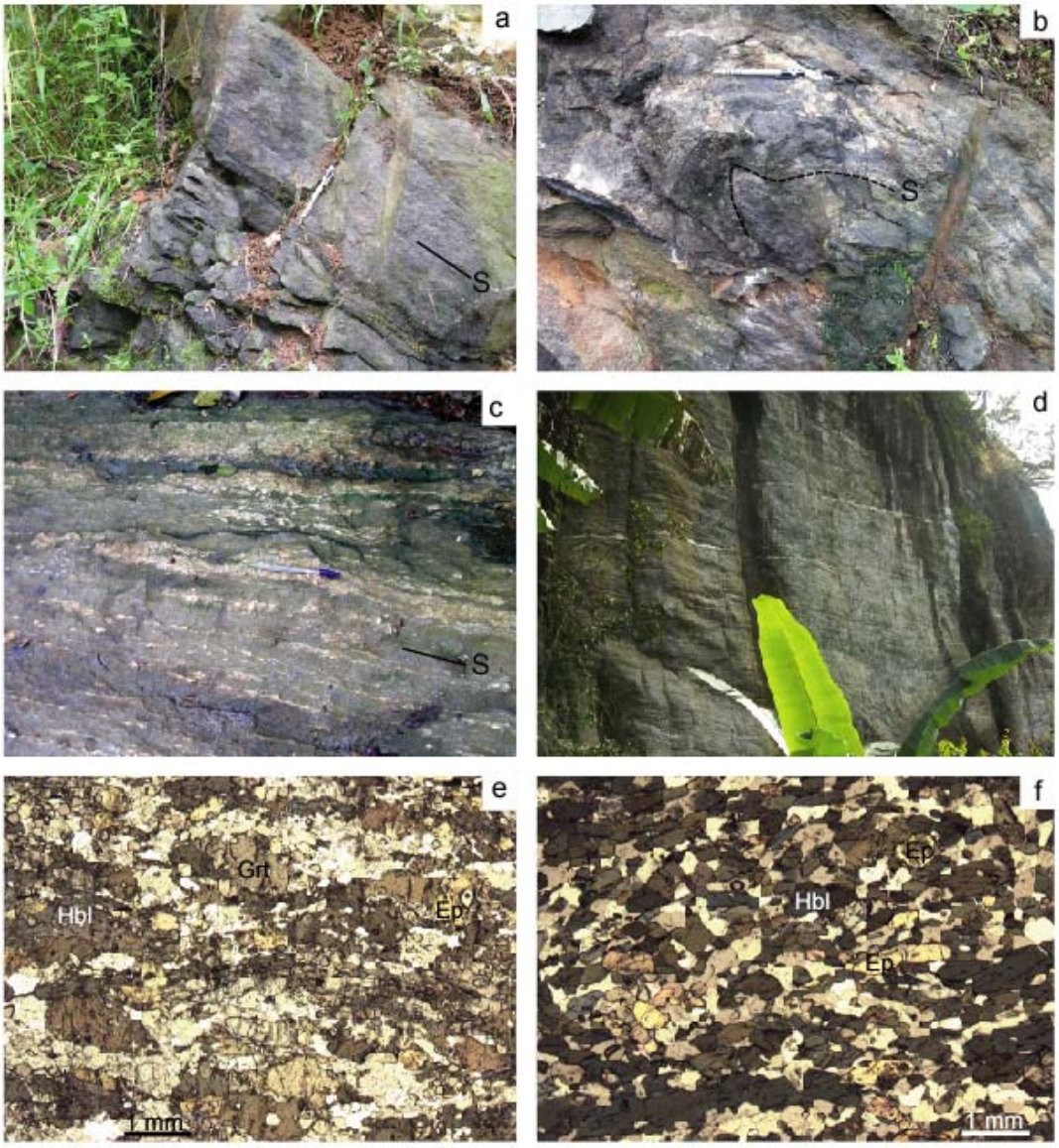


Figure 15. Planche photos des amphibolites panafricaines. Sur l'ensemble des photographies, la foliation visible est S2. La longueur des bics sur les photos a, b et c est de 15 cm.
(a) et (b) Amphibolites à grenat de la tranchée routière de Mbanga (sud-ouest de la carte). La foliation est indiquée par la lettre S. Un pli est visible sur la photo (b).
(c) Veines quartzofeldspathiques à texture pegmatitique parallèles à la foliation d'une amphibolite à épidote dans le lit du cours d'eau "Djouel" (Bibodi, nord de la carte).
(d) Affleurement d'amphibolite à épidote d'épaisseur pluri-décamétrique à l'ouest de Mbanga. Noter la présence de veines quartzofeldspathiques discontinues parallèles à la foliation.
(e) Microphotographie de lame mince (LN) d'une amphibolite à grenat montrant la foliation soulignée par la hornblende verte (Bibodi, nord de la carte)
(f) Microphotographie de lame mince (LPA) montrant la texture de l'amphibolite à épidote de l'ouest de Mbanga (cf. photo d).

Tableau IV. Composition chimique en roche totale des amphibolites et roches associées panafricaines de la région de Boumnyebel.

Type	Amphibolite																	
	à grenat										Grt-Cpx	à épidote						
Ech.	**BB1**	**MK5**	**NB5B**	**PK18**	**PK19**	**NB4**	**NB5A**	**NS5**	**PN3**	**PN4**	**BOG3**	**BOG4**	**MK4**	**NB10**	**PK22**	**PK15**	**MK6**	**08.17**
SiO_2 (%)	52.39	48.10	47.89	50.43	59.70	48.03	50.55	48.00	53.39	48.26	48.14	49.85	48.20	47.65	49.84	63.59	47.08	58.48
Al_2O_3	17.78	14.27	13.47	13.65	16.71	13.07	13.51	14.03	15.42	15.39	13.82	16.63	7.23	10.68	15.12	14.86	14.92	15.19
Fe2O3	10.88	13.26	13.07	14.56	4.12	12.66	11.60	14.04	11.25	14.85	11.83	11.00	13.90	14.36	12.37	5.01	13.47	8.12
MnO	0.19	0.20	0.20	0.22	0.10	0.19	0.19	0.24	0.16	0.14	0.19	0.15	0.32	0.23	0.16	0.08	0.21	0.12
MgO	4.87	7.59	7.76	6.81	2.88	10.74	8.54	6.75	6.80	7.58	7.75	5.48	11.76	11.60	5.62	3.61	7.80	3.91
CaO	9.82	11.26	12.30	10.76	7.85	11.37	10.96	14.19	8.98	9.75	13.64	11.94	12.82	11.76	11.62	4.72	8.66	6.18
Na2O	2.44	2.04	1.43	1.64	5.47	1.33	1.47	0.59	1.42	0.73	2.40	2.48	1.24	1.56	2.44	5.01	3.61	3.36
K2O	0.42	0.59	0.35	0.28	0.54	0.45	0.49	0.36	0.74	0.58	0.36	0.22	0.27	0.17	0.21	1.14	0.74	1.99
TiO2	0.66	1.31	1.18	1.13	0.25	0.91	1.09	1.68	0.88	1.70	1.26	1.06	1.06	0.79	0.94	0.76	2.11	1.16
P2O5	0.11	0.12	0.11	0.10	0.66	0.07	0.12	0.16	0.11	0.42	0.13	0.08	0.13	0.07	0.08	0.32	0.22	0.37
PF	0.59	0.82	1.68	0.66	2.12	1.38	1.30	0.32	0.82	0.54	0.49	1.04	1.90	1.02	0.89	0.62	1.01	1.09
Total	100.14	99.56	99.44	100.25	100.38	100.19	99.81	100.34	99.96	99.94	100.02	99.92	98.81	99.88	99.25	99.72	99.84	99.95
Ba (ppm)	85.22	70.63	31.17	74.19	834	22.53	39.09	16.25	87.60	77.21	54.28	35.34	8.39	19.71	19.29	416	106	687.8
Co	30.23	44.09	51.32	50.59	10.06	58.61	42.7	61.77	40.48	50.81	47.60	40.13	58.89	73.36	43.73	18.61	48.13	26.11
Cr	42.3	121	233	160	29.94	882	332	198	213	248	317	284	1603	1042	359.7	128	185	61.08
Cs	-	-	-	-	0.50	0.11	0.21	-	0.20	-	-	-	-	-	-	0.43	0.17	0.826
Cu	35.82	35.25	20.77	104	-	21.7	26	25.39	9.34	11.14	102	40.20	45.28	39.06	100.2	8.98	80.27	9.341
Ga	17.89	19.41	17.58	19.98	18.12	17.47	19.66	21.52	20.05	25.40	15.10	17.40	11.62	15.11	15.64	22.38	20.26	21.72
Hf	0.454	3.39	1.78	1.76	1.11	1.38	2.65	2.51	1.75	3.07	1.80	1.63	1.68	0.97	1.49	5.54	3.33	6.488
Nb	0.581	4.61	2.21	2.15	2.30	2.91	5.32	1.83	3.41	12.37	4.99	1.30	3.75	1.13	0.94	7.45	3.65	11.01
Ni	25.69	56.47	115	119	26.81	376	168	98.62	103	108	124	83.43	366	201	117.3	62.04	87.50	36.14
Rb	4.55	7.122	5.94	2.16	8.36	5.72	8.30	1.85	14.40	10.36	5.57	4.55	1.44	2.08	6.06	39.39	9.24	67.17
Sr	271	62.74	89.25	151	1018	60.36	122	115	94.87	26.03	118	85.71	70.63	73.7	57.09	339	112	521.9
Th	0.18	0.84	0.23	0.51	5.43	0.24	2.46	0.14	1.40	1.37	0.37	0.11	0.53	0.02	0.07	22.57	0.88	1.44
U	-	0.36	0.13	0.18	0.63	0.07	0.62	0.19	1.04	0.89	0.09	-	0.58	0.04	-	3.57	0.28	0.66
V	284	349	294	312	59.18	256	242	395	253	404	290	270	206	272	281.2	86.63	325	176.8
Y	10.73	37.51	31.98	27.39	24.32	24.1	30.16	37.07	23.97	29.61	36.76	23.55	19.48	18.6	24.86	23.38	33.46	25.61
Zn	98.85	115	118	115	47.75	128	113	131	105	179	95.73	74.27	115	112	94.37	67.64	122	96.93
Zr	13.32	132	60.69	60.29	38.91	47.84	91.26	93.08	62.52	120	68.10	57.59	61.99	27.4	51.85	220	124	252.3

Tableau IV (suite). Composition chimique en roche totale des amphibolites et roches associées panafricaines de la région de Boumnyebel.

Type	Amphibolite																	
	à grenat										à Grt-Cpx	à épidote						
Echantillon	**BB1**	**MK5**	**NB5B**	**PK18**	**PK19**	**NB4**	**NB5A**	**NS5**	**PN3**	**PN4**	**BOG3**	**BOG4**	**MK4**	**NB10**	**PK22**	**PK15**	**MK6**	**08.17**
La (ppm)	2.07	22.05	2.65	5.29	374	2.61	9.68	5.15	5.65	10.89	11.77	2.33	5.90	2.79	5.02	66.92	8.98	22.26
Ce	5.02	20.98	7.52	9.99	573	6.53	22.91	12.29	11.84	24.13	12.40	6.19	13.33	6.48	6.53	129	21.86	47.43
Pr	0.79	5.95	1.30	1.74	55.26	1.02	2.81	2.12	1.66	3.22	3.38	1.17	1.99	0.99	1.76	14.68	3.20	6.05
Nd	4.09	23.26	7.44	8.67	171	5.61	12.30	11.10	7.75	14.51	16.02	6.51	9.58	5.31	8.53	54.04	15.80	25.16
Sm	1.32	5.56	2.90	2.71	18.47	2.05	3.52	3.84	2.70	4.01	4.27	2.33	2.77	1.84	2.69	9.41	4.55	5.84
Eu	0.63	1.56	1.10	0.96	3.96	0.65	1.13	1.50	1.12	1.29	1.41	0.94	1.00	0.74	0.99	2.03	1.62	1.59
Gd	1.56	5.57	4.01	3.62	10.86	2.89	4.19	5.04	3.76	4.70	5.38	3.23	3.11	2.52	3.50	6.81	5.49	4.25
Tb	0.27	1.01	0.75	0.66	1.25	0.55	0.75	0.91	0.64	0.80	0.91	0.60	0.55	0.46	0.62	0.89	0.92	0.73
Dy	1.82	6.60	5.19	4.50	5.57	3.74	4.94	5.94	3.95	5.10	5.81	3.89	3.53	3.03	4.17	4.54	5.85	4.38
Ho	0.39	1.36	1.12	0.94	0.85	0.83	1.06	1.27	0.82	1.05	1.24	0.85	0.71	0.63	0.87	0.77	1.20	0.91
Er	1.15	4.01	3.23	2.71	2.25	2.49	3.09	3.68	2.37	2.98	3.56	2.45	1.93	1.80	2.49	2.09	3.40	2.36
Tm	0.17	0.60	0.49	0.42	0.28	0.39	0.48	0.55	0.37	0.45	0.52	0.36	0.28	0.27	0.37	0.29	0.50	0.34
Yb	1.21	4.04	3.34	2.76	1.68	2.59	3.16	3.66	2.49	3.06	3.30	2.49	1.77	1.74	2.53	1.86	3.39	2.22
Lu	0.19	0.64	0.52	0.42	0.25	0.42	0.51	0.57	0.39	0.47	0.51	0.39	0.26	0.26	0.39	0.26	0.51	0.34

Tableau IV (suite). Composition chimique en roche totale des gneiss à amphibole ou biotite panafricains de la région de Boumnyebel.

Type pétrographique	Gneiss à amphibole					Gneiss à biotite
Echantillon	**NO7**	**NS2**	**BOG8**	**NB1**	**MG2**	**MK7**
SiO_2 (%)	63.79	62.66	62.74	63.16	64.46	70.71
Al_2O_3	15.00	16.09	14.81	15.80	15.19	14.60
Fe_2O_3	5.60	5.43	7.08	6.37	5.78	2.47
MnO	0.08	0.11	0.08	0.11	0.11	0.03
MgO	3.20	2.65	3.85	2.98	2.16	1.08
CaO	5.14	5.43	5.25	3.97	4.85	3.17
Na_2O	4.53	5.34	2.95	4.25	3.30	5.20
K_2O	0.69	0.20	1.83	1.47	1.89	0.97
TiO_2	0.56	0.73	0.87	0.79	0.58	0.45
P_2O_5	0.14	0.22	0.18	0.17	0.17	0.14
PF	0.59	0.74	0.80	1.68	0.93	0.39
Total	99.31	99.59	100.43	100.75	99.42	99.19
Ba (ppm)	342	92	807	407	790	652
Co	19	19	22	18	13	7
Cr	137	61	76	60	19	24
Cs	0.4	-	0.5	0.9	1.1	0.7
Cu	25	52	19	71	20	9
Ga	19	21	18	20	16	21
Hf	2.9	4.1	3.7	4.9	3.4	4.6
Nb	3.6	5.4	5.7	5.5	5.1	2.0
Ni	58	43	47	34	13	13
Rb	14	1	52	57	69	27
Sr	348	555	426	376	395	971
Th	2.8	5.6	8.9	4.1	6.8	6.5
U	0.6	0.6	1.2	0.7	0.7	0.6
V	92	101	140	99	109	50
Y	11	13	16	18	21	9
Zn	76	70	65	80	66	44
Zr	110	177	145	197	129	174
La	15.69	41.02	31.65	31.33	22.15	74.46
Ce	30.20	76.48	57.88	58.67	44.31	136
Pr	3.47	8.38	6.64	6.62	5.08	14.16
Nd	13.39	30.85	25.24	24.72	19.57	50.09
Sm	2.72	4.89	4.57	4.52	4.02	7.02
Eu	0.91	1.52	1.33	1.32	1.17	1.95
Gd	2.34	3.54	3.75	3.77	3.69	4.50
Tb	0.35	0.47	0.52	0.56	0.57	0.48
Dy	2.05	2.43	2.79	3.18	3.42	2.15
Ho	0.38	0.44	0.53	0.63	0.70	0.33
Er	1.07	1.21	1.50	1.77	2.02	0.77
Tm	0.16	0.17	0.22	0.27	0.32	0.11
Yb	1.06	1.14	1.47	1.79	2.21	0.65
Lu	0.16	0.17	0.23	0.28	0.35	0.10

II.2.2.2. Composition chimique des amphibolites et roches associées panafricaines

Dans le diagramme de La Roche (1965) (fig. 16a), les amphibolites à grenat, les amphibolites à grenat-clinopyroxène et les amphibolites à épidote de la région de Boumnyebel suivent la dorsale matérialisant les séries ignées, notamment près des points figuratifs des basaltes et des gabbros, loin du domaine des roches sédimentaires. La majorité des échantillons tendent vers le pôle magnésien. Deux échantillons d'amphibolite à épidote ont les compositions de diorite (08.17) ou diorite quartzifère (PK15). Le diagramme K_2O-MgO-Na_2O montre que les gneiss à amphibole sont également d'anciennes diorites et diorites quartzifères (fig. 16a). Ils ont des teneurs en SiO_2 et Al_2O_3 qui varient peu, respectivement de 62.66 à 63.79% et de 14.81 à 16.09%. Ces teneurs sont proches de celles des deux amphibolites à épidote provenant aussi d'anciennes diorites et diorites quartzifères (58.48 à 63.59% de SiO_2 et 14.86 à 15.19 % d'Al_2O_3). Ainsi, les amphibolites à grenat, les amphibolites à grenat-clinopyroxène, les amphibolites à épidote et les gneiss à amphibole de la région de Boumnyebel sont sans ambigüité d'origine méta-ignée. L'échantillon de gneiss à biotite est riche en silice (70.71% de SiO_2 et 14.60% d'Al_2O_3) et se place à proximité du pôle albite dans le diagramme de La Roche (1965) (fig. 16a), traduisant un caractère fortement sodique. Sa composition est celle d'une tonalite.

Les amphibolites à composition de basalte ont des teneurs en SiO_2 et Al_2O_3 variant respectivement de 47.08 à 53.39% et de 7.23 à 17.78 % (tab. IV). Ces teneurs varient respectivement de 58.48 à 63.59% et de 14.86 à 15,19 % pour les amphibolites provenant d'anciennes diorites et diorites quartzifères. Leur teneur en éléments liés aux minéraux ferromagnésiens (Fe_2O_3 + MgO + TiO_2) est comprise entre 16.40 et 26.75% pour les amphibolites provenant d'anciens basaltes, montrant un caractère mafique assez marqué, et entre 9.38 et 13.18 % pour celles provenant de diorite et diorite quartzifère. Les teneurs en éléments ferromagnésiens des gneiss à amphibole ($8.81 \leq Fe_2O_3+MgO+TiO_2 \leq 11.79$) sont proches de celles des amphibolites à épidote. L'échantillon de gneiss à biotite a des teneurs en $Fe_2O_3+MgO+TiO_2=3.99\%$ et $Na_2O+K_2O=6.17\%$, avec un rapport $Na_2O/K_2O=5.38$. La somme des alcalins (Na_2O + K_2O) varie de 0.95 à 2.85% et de 5.34 à 6.15 dans les amphibolites respectivement à protolite basaltique et à protolite dioritique.

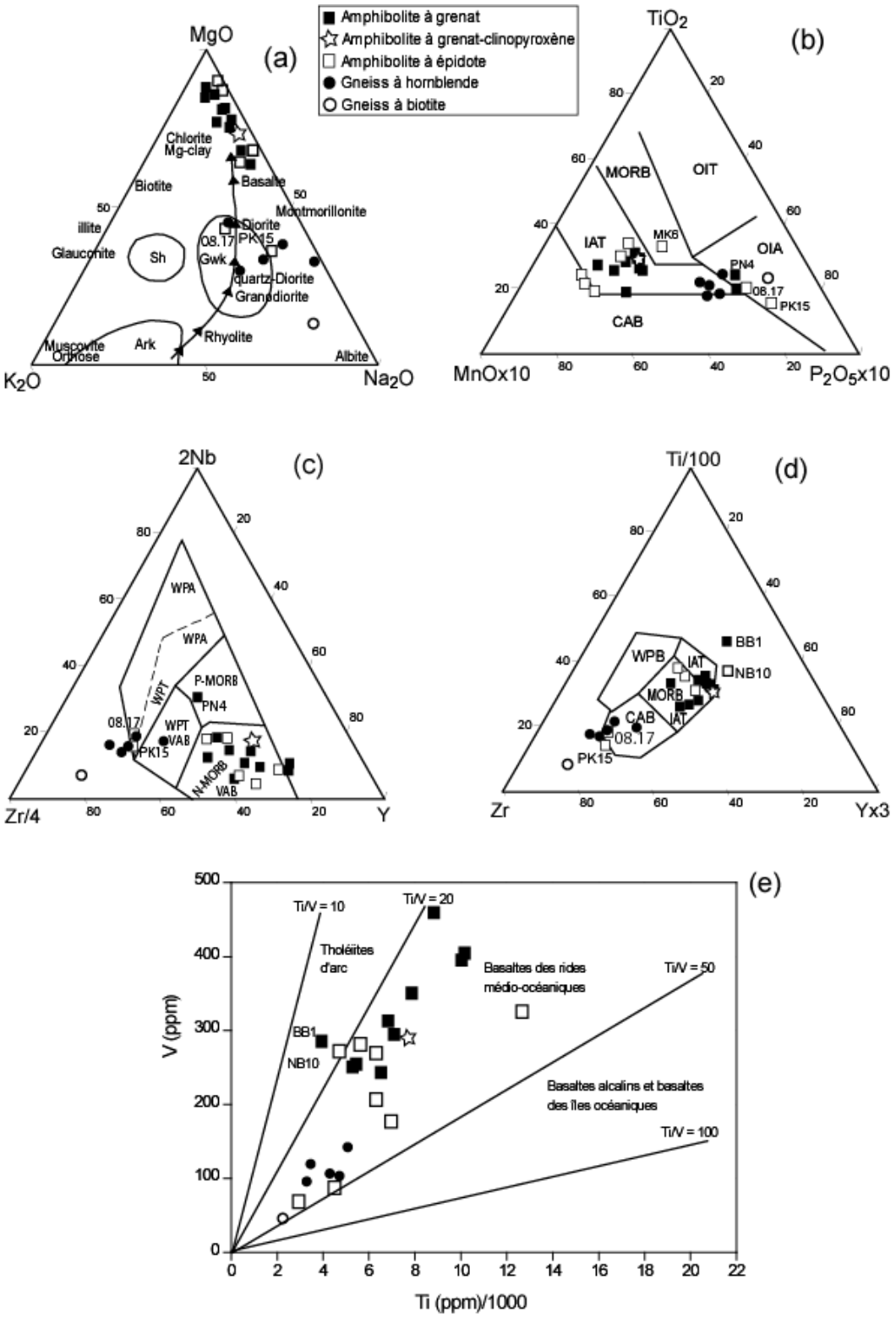


Figure 16. Amphibolites et roches associées panafricaines dans des diagrammes chimiques. (a) K_2O-MgO-Na_2O (de La Roche, 1965) ; sont indiquées les positions de quelques minéraux des principales roches plutoniques et sédimentaires (Sh: shales; Gwk: grauwackes; Ark: arkoses). (b) (c) et (d) Diagrammes géotectoniques TiO_2-MnO-P_2O_5 (Mullen, 1983), 2Nb-Zr/4-Y (Meschede, 1986) et Ti/100-Zr-Yx3 (Pearce et Cann, 1973) ; OIT: oceanic island tholeiite; OIA: oceanic island alkalic basalt; IAT: island arc tholeiite; MORB: mid-ocean ridge basalt; N-MORB: normal MORB; P-MORB: plume MORB; CAB: calco-alkaline basalt; VAB: volcanic arc basalt; WPB: within-plate basalts; WPA: within plate-alkalic; WPT: within-plate tholeiite. (e) Ti-V (Shervais, 1982) ; les rapports Ti/V constants sont représentés par les lignes droites.

Le rapport Na_2O/K_2O varie de 1.26 à 11.88 dans les amphibolites d'origine basaltique et de 1.69 à 4.38 dans les amphibolites d'origine dioritique. Les teneurs élevées en CaO sont cohérentes avec leur composition globale de nature basaltique (tab. IV).

Les teneurs en Co (30-73 ppm) et Ni (26-376 ppm) sont moyennes dans toutes les amphibolites par rapport à celles de Yaoundé présentant une signature de MORB (Owona, 2008). Ces teneurs sont plus basses (18-26 ppm pour le Co et 36-62 ppm pour le Ni) dans les amphibolites provenant des diorites. Par contre, les teneurs en Cr sont variables et peuvent atteindre des valeurs élevées (42-1603 ppm) confirmant la nature basaltique de ces roches.

Les diagrammes géotectoniques basés sur les teneurs en éléments mineurs ou en traces, bien qu'ayant une fiabilité incertaine, ont été utilisés pour tenter de caractériser la signature des roches initiales. Bien qu'ils sont assez contradictoires quant au contexte géotectonique, mais montrent tous l'existence de deux groupes de roches. Le diagramme de Mullen (1983) montre que les amphibolites de la région de Boumnyebel seraient essentiellement apparentées aux tholéïtes d'arcs insulaires, excepté les échantillons MK6 (situé dans le champ des MORB), PN4, 08.17 et PK15 situés dans le champ des basaltes alcalins d'îles océaniques, et les échantillons de gneiss à amphibole situés à la limite entre les deux champs (fig. 16b). Le diagramme Ti/100-Zr-Yx3 (Pearce et Cann, 1973) montre que les amphibolites de la région étudiée sont pour la plupart localisées dans les champs des basaltes de rides médio-océaniques (MORB) et des tholéiites d'arcs insulaires (IAT). Les échantillons 08.17 et PK15 et les gneiss à amphibole sont plutôt de type calco-alcalin. Dans ce diagramme, les échantillons NB10 et BB1 n'appartiennent à aucun champ, bien que proches des tholéïtes d'arcs insulaires (fig. 16c). Le diagramme 2Nb-Zr/4-Y (Meschede, 1986) suggère que l'essentiel des amphibolites de la région de Boumnyebel sont des N-MORB, excepté l'échantillon PN4 dans le champ des P-MORB. Les échantillons 08.17 et PK15 ainsi que les gneiss à amphibole apparaissent comme apparentés aux roches alcalines intraplaques (fig. 16a). Le diagramme Ti-V (Shervais, 1982) indique quant à lui, qu'en dehors des échantillons NB10 et BB1 qui sont des tholéïtes d'arcs, toutes les autres amphibolites ainsi que les gneiss à amphibole de la région de Boumnyebel se situent dans le champ des MORB (fig. 16e). A la lecture de la plupart des diagrammes, il apparaît que la majorité des amphibolites ont pour protolite des roches à compositions de basaltes de type MORB.

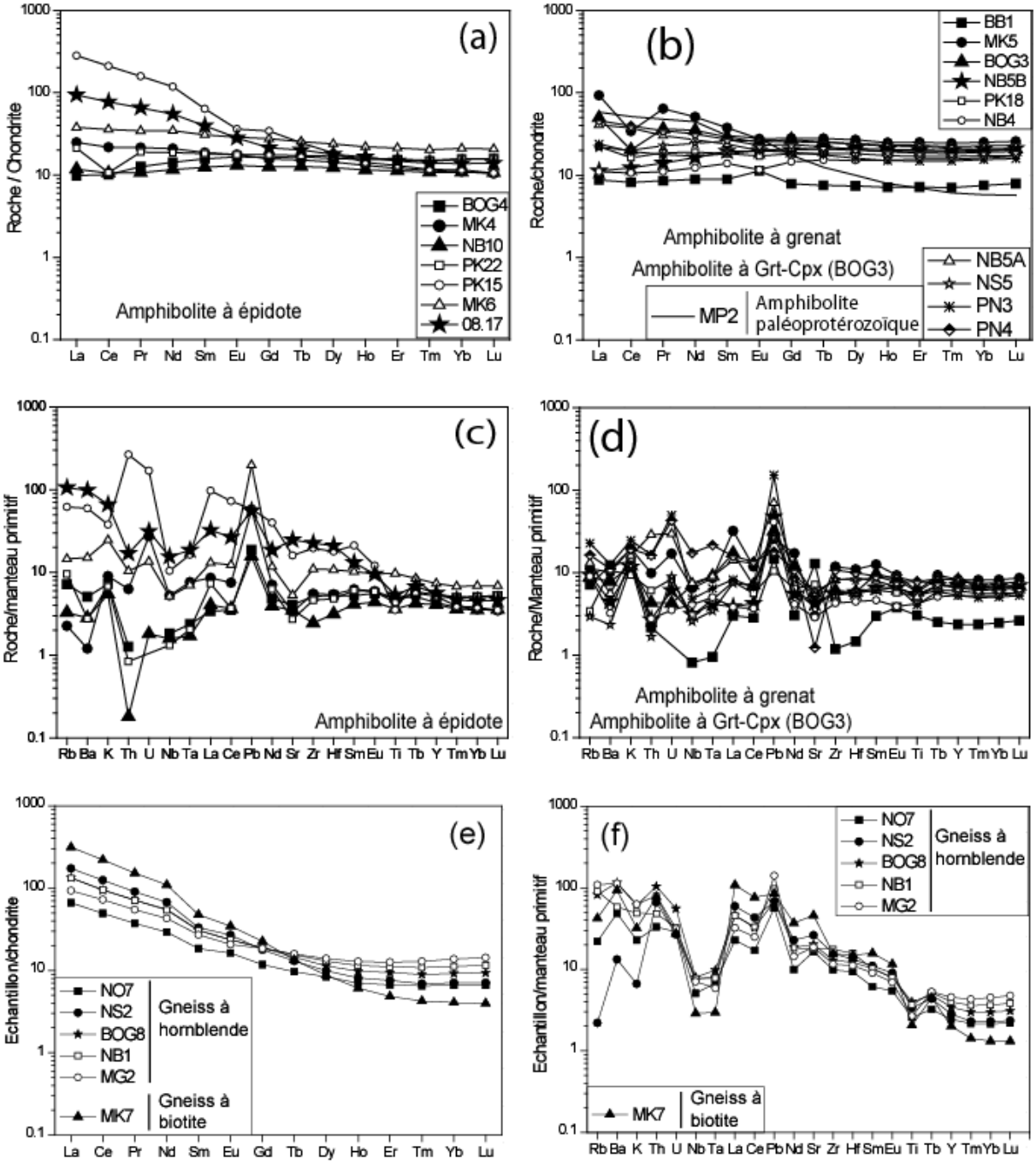


Figure 17. (a) et (b) Diagrammes des REE normalisées aux chondrites (McDonough et Sun, 1995) pour les amphibolites panafricaines à grenat, à grenat-clinopyroxène et à épidote de la région de Boumnyebel.
(c) et (d) Diagrammes multiélémentaires normalisés au manteau primitif (Sun et McDonough, 1989) pour les mêmes échantillons.

(e) et (f) Diagramme des terres rares normalisées aux chondrites (McDonough et Sun, 1995) et diagramme multiélémentaire normalisé au manteau primitif (Sun et McDonough, 1989) pour les gneiss à amphibole et le gneiss à biotite de la région de Boumnyebel.

Les spectres des terres rares des amphibolites à grenat, amphibolite à grenat-clinopyroxène et des amphibolites à épidote (fig. 17) ont pour caractéristique d'être peu fractionnés avec des terres rares lourdes plates. Dans le détail, les amphibolites à grenat et les amphibolites à grenat-clinopyroxène ont des spectres pratiquement plats avec des terres rares très peu fractionnées par rapport aux chondrites ($0.5 \leq La_N/Yb_N \leq 3.7$). Notamment, les terres rares légères ($0.6 \leq La_N/Sm_N \leq 2.5$) ne sont pas fractionnées en comparaison avec les terres rares lourdes ($0.9 \leq Gd_N/Yb_N \leq 1.3$). Les amphibolites à grenat et les amphibolites à grenat-clinopyroxène ne présentent pas d'anomalie négative significative en Eu ($0.82 \leq Eu/Eu^* \leq 0.98$), seul un échantillon présente une anomalie positive importante (MK5 : 1.35). L'ensemble de ces caractéristiques rapprochent les amphibolites à grenat des N-MORB. A noter la présence d'une anomalie négative en Ce dans certains échantillons.

Les amphibolites à épidote ont, pour certaines, également une signature de type MORB ($0.6 \leq La_N/Yb_N \leq 2.3$), avec des terres rares légères ($0.6 \leq La_N/Sm_N \leq 1.3$) qui ne sont pas fractionnés comparées aux terres rares lourdes ($1.05 \leq Gd_N/Yb_N \leq 1.43$). Les spectres de terres rares des gneiss à amphibole (fig. 17e) montrent des spectres fractionnés avec un enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes, avec des rapports La_N/Yb_N variant de 6.80 à 24.42 ($3.44 \leq La_N/Sm_N \leq 5.24$; $1.35 \leq Gd_N/Yb_N \leq 2.51$). Trois échantillons présentent une très faible anomalie négative en Eu ($0.92 \leq Eu/Eu^* \leq 0.98$) et deux une faible anomalie positive en Eu ($1.10 \leq Eu/Eu^* \leq 1.11$). Les gneiss à amphibole montrent tous une anomalie négative assez significative en Sm ($0.82 \leq Sm/Sm^* \leq 0.89$). Le spectre des terres rares du gneiss à biotite est plus fractionné (La_N/Yb_N=77.46) que ceux des gneiss à amphibole, avec un faible enrichissement en terres rares légères (La_N/Sm_N=6.63) par rapport au terres rares lourdes (Gd_N/Yb_N=5.57). Il montre une faible anomalie positive en Eu (Eu/Eu*=1.06). L'échantillon PK22 (amphibolite à épidote) présente une forte anomalie négative en Ce (0.53). Deux autres échantillons d'amphibolite à épidote présentent des spectres plus fractionnés (La_N/Yb_N = 6.8 pour éch. 08.17 et 24.4 pour éch. PK15), notamment pour ce qui concerne les terres rares légères (La_N/Sm_N = 2.38 pour 08.17 et 4.44 pour PK15). Les terres rares lourdes (Gd_N/Yb_N = 1.55 pour 08.17 et 2.96 pour PK15) restent assez plates. L'échantillon PK15 présente une anomalie négative significative en Eu (0.77). Ces caractéristiques sont assez proches de celles des basaltes de type E-MORB ou des OIB.
Les spectres multiélémentaires des amphibolites à grenat et à grenat-clinopyroxène (fig. 17d) sont en majorité assez proches les uns des autres, en dépit de quelques écarts importants. Ils montrent tous une anomalie positive en Pb, K, U et La et négative en Ba et Sr. Il est à noter

que dans ces amphibolites l'anomalie négative en Nb et Ta n'est que faiblement marquée, à l'exception de l'échantillon BB1 qui présente une forte anomalie négative en ces deux éléments. Les spectres des amphibolites à épidote (fig. 17c) ressemblent à certains égards à ceux des amphibolites à grenat (forte anomalie positive en Pb et négative en Sr et Ba, spectres plats de Sm à Lu) mais s'en distinguent assez nettement pour les éléments allant de Rb à Ce. Les spectres des amphibolites à épidote provenant des diorites sont différents des spectres des autres amphibolites. L'échantillon PK15 présente une forte anomalie positive en Th et U et négative en Nb, Ta et Ti. Par contre, l'échantillon 08.17, montre une anomalie négative en Th et Ti et positive en U.

Enfin, les spectres multiélémentaires des trois échantillons de gneiss à amphibole et d'un échantillon de gneiss à biotite (fig. 17f) sont semblables et ils montrent tous une anomalie négative significative en Nb, Ta, Nd et Ti et une anomalie positive en Ba, Th, U, Pb et Sr.

Les spectres multiélémentaires des amphibolites à caractéristique de MORB (fig. 18) de la région de Boumnyebel sont similaires à ceux des amphibolites de Yaoundé ayant des signatures de MORB et d'OIB (Owona, 2008). Les amphibolites à grenat de Yaoundé présentent une forte anomalie positive en Pb comme dans les amphibolites à grenat et les amphibolites à épidote de la région de Boumnyebel.

Les spectres multiélémentaires des amphibolites à caractéristique de MORB de la région d'étude ne présentent pas de similitude avec les dolérites, microgabbros et basaltes à composition de tholéïtes intraplaques continentales des séries du Dja et Yokadouma, au Cameroun, et de Nola en République Centrafricaine (fig. 18b) (Vicat et *al.*, 1997). Les spectres des dolérites, microgabbros et basaltes sont marqués par une forte anomalie négative en Nd et K et positive en Sr. Les amphibolites de la région de Boumnyebel montrent plutôt des anomalies négative en Sr et positive en K.

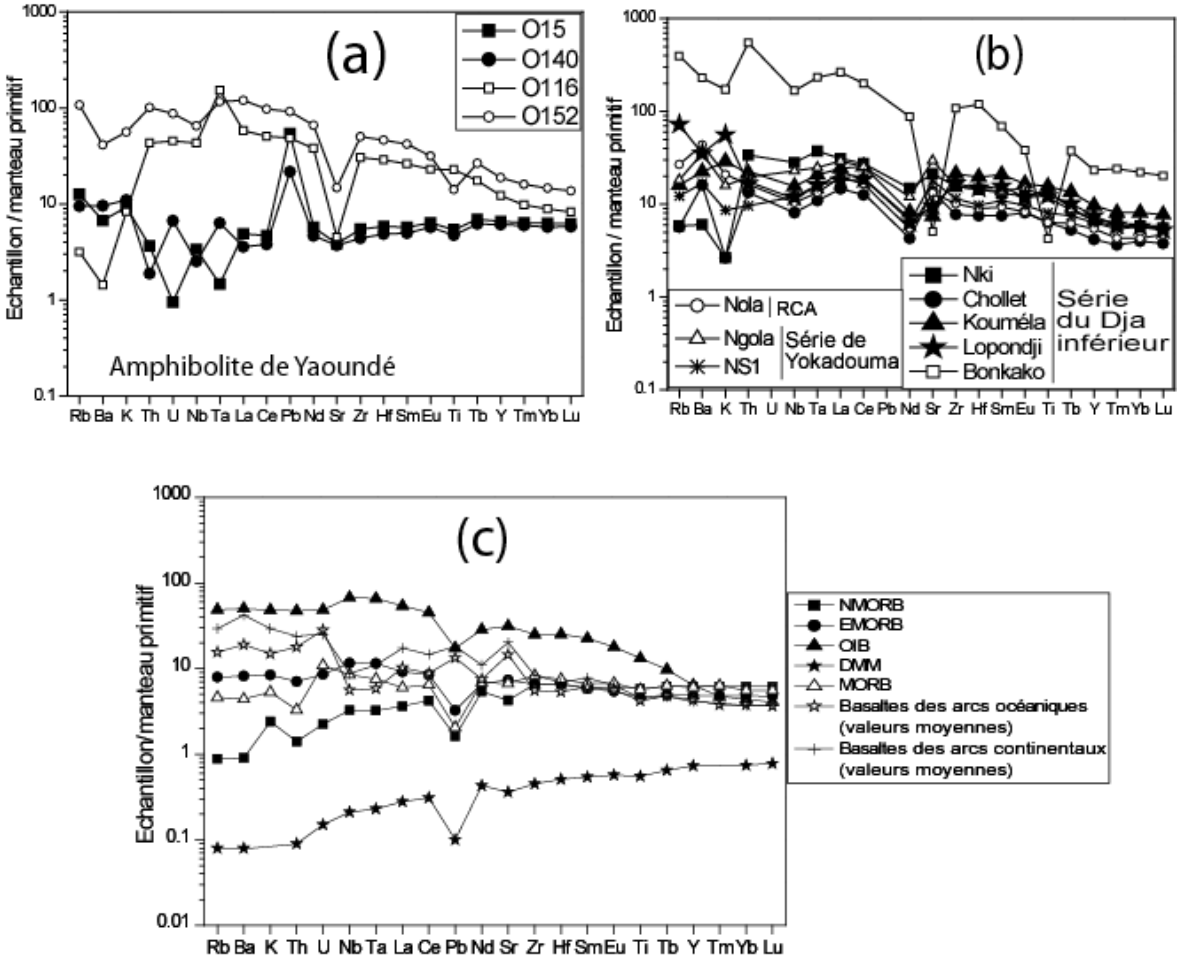


Figure 18. Spectres multiélémentaires (a) des amphibolites à grenat de Yaoundé (Owona, 2008) ; (b) des dolérites et basaltes des séries du Dja inférieur, Yokadouma et de Nola (Vicat et *al.*, 1997 ; et (c) des MORB (mid-oceanic ridge basalt; Holland et Turekian, 2004), N-MORB, E-MORB et OIB (Sun et McDonough, 1989), DMM (depleted mantle; Workman et Hart, 2005), basaltes des arcs océaniques et basaltes des arcs continentaux (Holland et Turekian, 2004). Normalisation selon Sun et McDonough (1989)

II.2.3. Métagabbros et roches ultramafiques (Panafricain)

Nous avons regroupé dans cette section les (i) métagabbros à grenat de Mamb et les roches qui leurs sont associées (hornblendites à biotite, biotitites à amphibole et grenat et grenatites), (ii) les pyroxénites et hornblendites à épidote formant des corps indépendants, et (iii) les talcschistes et les roches qui leur sont apparentées (trémolitites, épidotites, actinolitites, biotitites). A ces faciès s'ajoutent des veines quartzofeldspathiques dont l'épaisseur varie du centimètre à quelques décimètres, et qui peuvent être localement foliées.

II.2.3.1. Description pétrographique des métagabbros à grenat de Mamb et des roches associées

Cet ensemble comprend les métagabbros à grenat de Mamb auxquels sont étroitement associés des hornblendites à biotite, des biotitites à amphibole et grenat et des grenatites (tab. V).

Les métagabbros à grenat — Ils affleurent uniquement au centre-est, dans la tranchée routière et la carrière de Mamb. Ils sont associés dans leur partie ouest à des pyroxénites à hornblende. Ils constituent ce qu'il est convenu d'appeler « le massif de Mamb » qui fait environ 2.2 km de grand axe et 1.7 km de petit axe (fig. 6). Macroscopiquement, les métagabbros à grenat sont des roches de teinte bleu-verdâtre, sombres ou claires selon les proportions de feldspaths et de hornblende (±biotite). Les minéraux (hornblende, plagioclase, biotite, épidote) soulignent une schistosité d'intensité variable, mais le plus souvent assez fruste. Cette foliation subhorizontale et ondulante varie de N117°E, 18°SW à N122°E, 15°NE. La taille du grain est dans l'ensemble assez homogène, mais avec localement des faciès à grain plus fin. Constitué essentiellement de plagioclase et de hornblende, les métagabbros à grenat contiennent cependant de façon caractéristique des grenats de taille centimétrique (Ø ≤ 4 cm), auréolés d'une couronne quartzofeldspathique (fig. 19). Cette couronne peut être d'épaisseur variable, quasiment absente dans certains cas. Localement les feldspaths peuvent former de petites veines d'épaisseur millimétrique et d'extension décimétrique aux contacts diffus. Il est difficile de dire s'il s'agit d'une structure héritée de la roche initiale (différentiation à l'intérieur du gabbro) ou de structures liées à une possible fusion partielle débutante (cf. Chap. 3).

Tableau V. Description microscopique des métagabbros à grenat de Mamb et des roches associées.

Type pétrographique	Minéralogie et structure
Métagabbros à grenat	Minéraux essentiels : plagioclase (30-40%), biotite (5-25%), amphibole (0-25%), grenat (10-15%), épidote (10-15%), calcite (3%) Minéraux accessoires : apatite, sphène, zircon, scapolite, ilménite, rutile, pyrite Texture : La texture est pœcilonématolépidoblastique hétérogranulaire. Les métagabbros ne portent pas de schistosité pénétrative, mais simplement une schistosité répartie de façon hétérogène et assimilée à S2. La taille, la forme et l'agencement des minéraux évoquent encore une texture magmatique grenue à gros grain. La foliation est fruste et soulignée par l'alternance des lits d'amphibole et/ou biotite et des lits de feldspaths. Le plagioclase se présente d'une part en petits cristaux arrondis (0.5x0.8 mm), issus d'une recristallisation dynamique, mais surtout en poeciloblastes (≤ 2x3.7 mm). Il est transformé d'une façon assez systématique en cristaux aciculaires d'épidote orientés selon les directions cristallographiques du plagioclase. La biotite est le minéral ferromagnésien dominant. Elle peut être seule ou accompagnée de l'amphibole. Dans certains cas, l'amphibole est largement prédominante et accompagnée d'un peu de biotite. L'amphibole se présente en micro-baguettes mais surtout en porphyroblastes (0.3x0.6 à x3.7 mm), à clivages tordus, à inclusion de biotite, d'oxydes et d'épidote. La biotite apparaît en lamelles de taille variable (2.7x1 à ≤ 1x0.4 mm) orientées selon la schistosité mais avec une intensité variable selon les échantillons. La biotite se développe aux dépens de l'amphibole. Le grenat se présente en pœciloblastes arrondis, de dimension millimétrique à centimétrique. Il est criblé d'inclusion de quartz, mais aussi de feldspath, amphibole, biotite et épidote. La scapolite se présente en cristaux subautomorphes (0.5x0.6 mm) généralement entourée de biotite. L'épidote (zoïsite) apparaît en petites baguettes prismatiques (0.1x0.3 à 0.5x0.7 mm). Elle montre souvent une zonation (deux à trois zones) et peut être à cœur d'allanite. La calcite se développe aux joints de feldspaths. Les minéraux opaques sont xénomorphes (0.1x0.2 à 0.4x0.8 mm, il s'agit d'oxydes ainsi que de pyrite en petits cristaux noirs, de forme variable (rectangulaire, cubique ou hexagonale). La muscovite se présente en petite lamelles trapues (0.1x0.3 à 0.6x1 mm) se développant sur les feldspaths. Le quartz est en microcristaux de 0.1 x 0.2 à 0.7 x 0.9 mm.
Hornblendite à biotite	Minéraux essentiels : amphibole (80%), biotite (7%), plagioclase (7%), épidote (2%) Minéraux accessoires : calcite, rutile, sphène Texture : La texture est nématolépidoblastique hétérogranulaire. L'amphibole souligne la schistosité. Elle se distingue par un coeur riche en inclusions de petits oxydes et une bordure sans inclusion. Le plagioclase maclé albite-péricline est criblé de baguettes d'épidote. La biotite se présente en petits paquets aux joints des cristaux d'amphibole. L'épidote se développe sur la hornblende et le plagioclase. La calcite se développe aux joints de feldspaths.
Biotitite à amphibole et grenat	Minéraux essentiels : biotite (65-70%), plagioclase (10-20%), grenat (3-10%), épidote (3-10%), quartz (5%), scapolite (3-5%), amphibole (2-5%) Minéraux accessoires : oxydes, tourmaline, rutile, sphène, graphite, pyrite, zircon Texture : La texture est lépidonématoblastique hétérogranulaire. La schistosité est soulignée par la biotite. Le grenat subautomorphe se présente en porphyroblastes riches en inclusions de quartz, rutile, épidote, oxydes et biotite. Ces inclusions montrent une disposition en couronne concentriques. Elles sont absentes au coeur du grenat. Les grenats se surimposent sur une schistosité préexistante mais sont eux-mêmes moulées dans la schistosité. Le plagioclase très peu abondant se présente surtout en gros cristaux zonés ; il est parfois associé à la scapolite. Cette dernière se présente en gros cristaux de taille ≤ 2 x 1.2 mm moulés par la biotite et plus au moins orientés dans la schistosité. Les épidotes sont pour la plupart zonées avec un coeur d'allanite métamicte. Les épidotes moulées par la biotite sont plus ou moins orientées dans la schistosité, certaines étant sécantes. La pyrite se présente en petits cristaux pentagonaux, octogonaux moulés par la biotite. La tourmaline est présente en cristaux de taille assez importante.

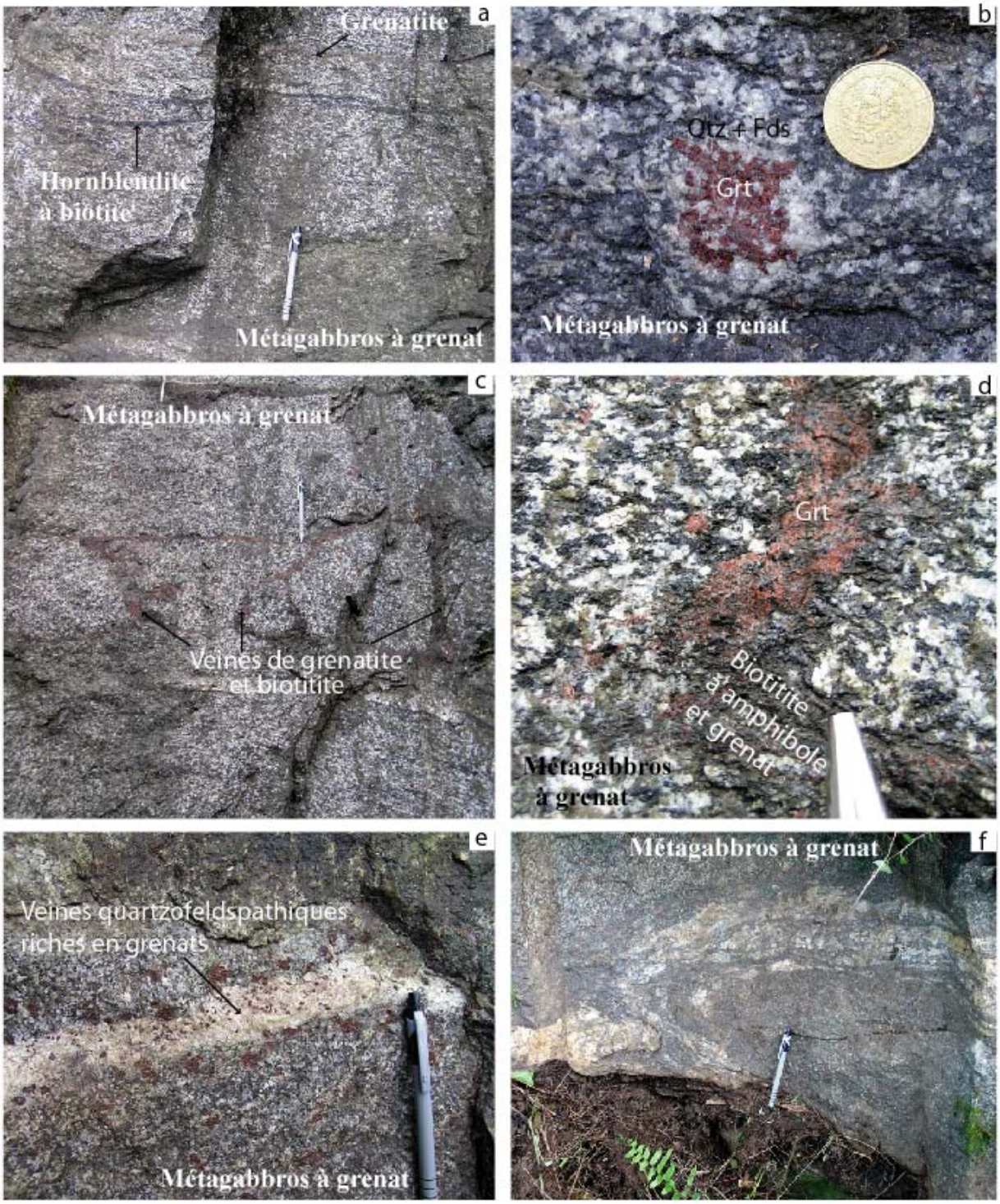


Figure 19. Photographies des métagabbros à grenat de Mamb (tranchée routière). (a) Métagabbros à grenat contenant des lits de hornblendite à biotite et des veines de grenatite. (b) Porphyroblastes de grenat se développant dans les métagabbros à grenat; notez la couronne quartzofeldspathique fréquente autour des grenats. (c) Métagabbros à grenat parcourus de veines de biotitites à amphibole et grenat ; notez les orientations variables de ces veines. (d) Détail des veines de biotitite à amphibole et grenat ; la pointe du stylo donne l'échelle. (e) Veine quartzofeldspathique à grenat dans les métagabbros à grenat. (f) Veines quartzofeldspathiques sans grenat. La longueur du stylo sur les photos a, c, e et f est de 15 cm. La pièce de monnaie sur la photo b est de 2.1 cm de diamètre. La pointe du stylo sur la photo d est de 1 cm de longueur.

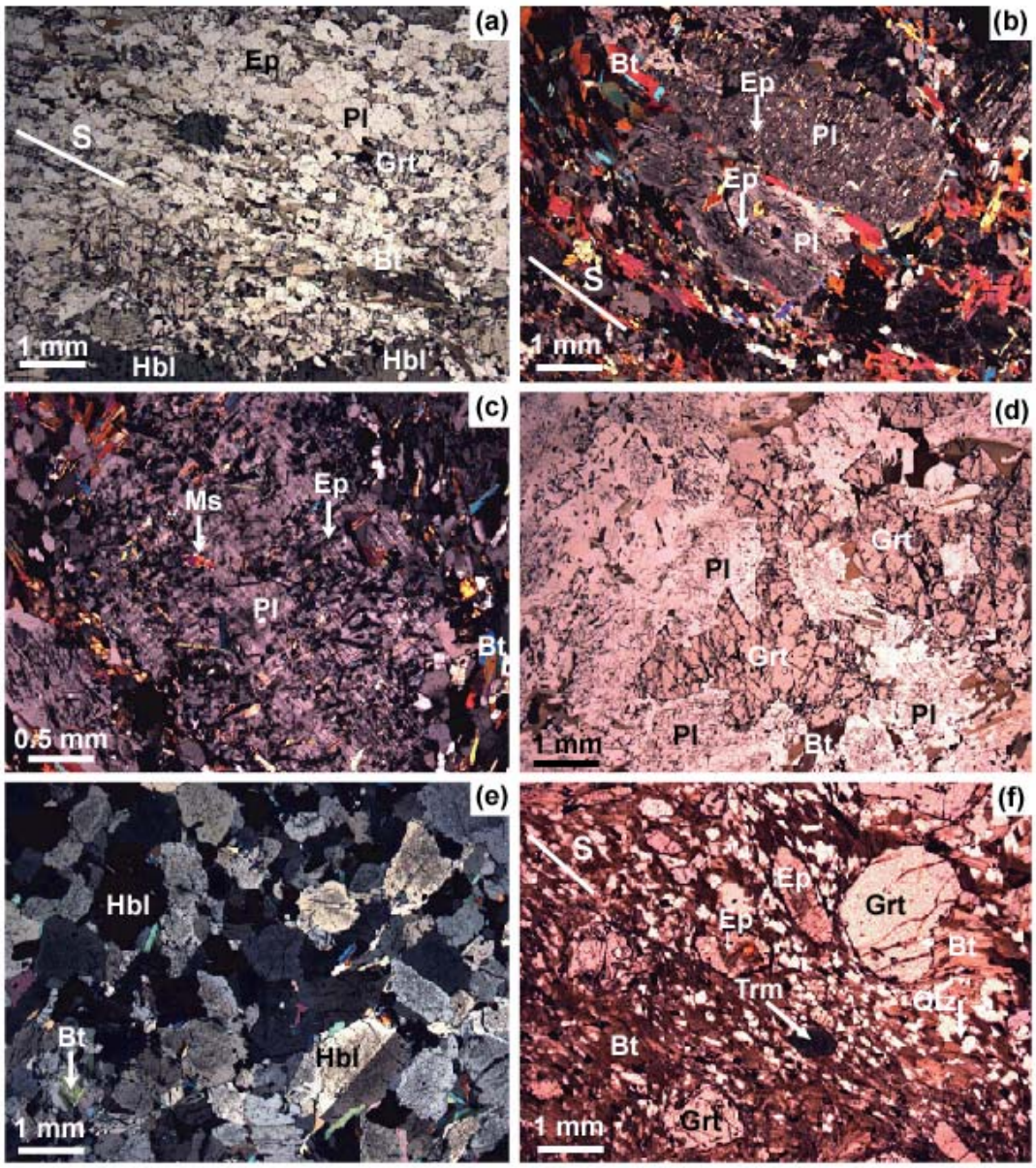


Figure 20. Microphotographies des métagabbros à grenat de Mamb (tranchée routière). (a) Métagabbro à grenat folié ; notez l'alternance entre lits à biotite + hornblende et lits à plagioclase ± quartz. (b) Phénocristaux de plagioclase du gabbro initial auréolés de biotite et criblés de baguettes d'épidote et de muscovite secondaires orientées selon les éléments cristallographiques du plagioclase. (c) Détail d'un phénocristal montrant des cristaux de muscovite et d'épidote métamorphiques. (d) Porphyroblastes de grenat dans les métagabbros à grenat de Mamb ; remarquer la forme squelettique du grenat. (e) Hornblendites à biotite; la roche est formée essentiellement de hornblende à laquelle sont associés des petits cristaux de biotite. (f) Biotitite à amphibole et grenat; notez la schistosité marquée par la biotite, la présence de grenat automorphes et la présence de tourmaline et épidote en cristaux automorphes.

Les métagabbros à grenat contiennent des schlieren de hornblendite à biotite et sont recoupés par des veines de nature diverse, notamment des biotitites à amphibole et grenat et des veines quartzofeldspathiques. Les hornblendites à biotite forment des lits minces d'épaisseur centimétrique (< 20 cm), subparallèles à la foliation. Elles sont aussi observées en lentilles d'épaisseur maximale décimétrique et de longueur maximale métrique. Les veines de biotitites à amphibole et grenat forment un réseau ultérieurement déformé par la tectonique régionale. Ces veines sont initialement constituées de biotite soulignant la schistosité, le grenat formant des porphyroblastes se développant de façon plus ou moins intense sur cette paragenèse initiale et pouvant donner naissance à des grenatites. Par ailleurs, on a des veines quartzofeldspathiques avec ou sans grenat (fig. 19e et f). Deux types de veines quartzofeldspathiques ont été observées: l'une présente un contact régulier, l'autre un contact irrégulier et orienté N140°E 20°NE. Elles peuvent être associées à des plans de cisaillement normaux ou inverses. Les micro-plans de cisaillement sont dextres et contiennent des minéraux quartzofeldspathiques.

Ces métagabbros à grenat ont la particularité de n'être affecté que par la schistosité S2 et possèdent des textures macroscopiques qui évoquent encore les textures magmatiques. Cela a conduit les auteurs à considérer que ces roches se sont mises en place pendant le métamorphisme. Cela semble confirmé par les données géochronologiques (Toteu et *al.*, 2006). Nous reviendrons sur ce point dans le Chap. 3.

II.2.3.2. Composition chimique des métagabbros à grenat et des roches associées

Le diagramme de Cox et *al.* (1979) montre que les métagabbros à grenat et hornblendites à biotite associées tombent dans le champ des gabbros (fig. 21a). Par contre dans le diagramme de La Roche (fig. 21b), les métagabbros à grenat sont dans le domaine des diorites et diorites quartzifères, à l'exception d'un échantillon situé dans le champ des gabbros. Les hornblendites à biotite tendent en majorité vers le pôle magnésien, bien qu'un échantillon se trouve dans le champ des basaltes et l'autre proche de la position des argiles magnésiennes. Les biotitites à amphibole et grenat se localisent autour de la position de la biotite dans le diagramme de La Roche. Les veines quartzofeldspathiques sont concentrées au pôle Na_2O, à l'exception de deux échantillons situés dans le champ des granodiorites ou des granites (fig. 21b).

Tableau VI. Composition chimique des métagabbros à grenat de Mamb et des roches associées.

Type	Métagabbros à grenat											
Ech.	**BC4**	**BC6**	**BC7**	**Bo09**	**Bo16**	**Bo11**	**Bo12**	**B3**	**Bo14**	**Bo01**	**Bo02**	**Bo08**
SiO_2 (%)	46.05	47.17	47.00	43.82	44.62	45.58	47.42	49.68	46.23	46.27	46.67	48.49
Al_2O_3	19.86	22.11	19.70	17.27	18.15	21.27	21.45	23.39	22.28	20.31	20.35	20.72
Fe_2O_3	11.98	9.70	12.04	13.22	11.79	10.47	9.87	5.97	10.38	10.97	10.72	9.91
MnO	0.11	0.06	0.10	0.14	0.13	0.06	0.07	0.02	0.08	0.07	0.04	0.11
MgO	3.61	3.02	3.78	7.68	7.05	3.57	2.93	3.03	3.12	3.46	4.14	3.38
CaO	9.10	7.77	9.66	9.21	9.64	10.12	9.38	7.78	7.86	9.24	7.34	7.46
Na_2O	3.82	3.72	3.77	2.89	3.05	3.90	4.12	4.71	3.88	4.33	3.67	3.88
K_2O	1.63	2.31	1.06	1.61	1.48	0.92	1.08	2.12	2.11	1.25	2.85	2.29
TiO_2	1.85	1.54	1.96	1.95	2.04	2.07	1.51	1.61	1.54	1.77	2.07	1.54
P_2O_5	1.09	0.90	0.92	0.44	0.51	0.86	0.74	0.62	0.91	0.81	0.86	0.67
PF	0.63	1.31	0.78									
Total	99.73	99.61	100.77	98.23	98.46	98.82	98.57	98.93	98.39	98.48	98.71	98.45
Ba (ppm)	934	2448	565									
Co	21	16	22									
Cr	14	17	17									
Cs	7.6	2.4	1.6									
Cu	19	7	15									
Ga	36	32	32									
Hf	2.9	8.7	2.8									
Nb	6.6	3.4	7.0									
Ni	8.5	10.4	9.2									
Rb	70	90	26									
Sr	1244	1471	1193									
Th	1.1	1.1	1.0									
U	0.7	0.5	0.7									
V	211	117	225									
Y	24.9	8.5	23.8									
Zn	171	127	152									
Zr	123	474	93									
La	35.11	24.92	26.82									
Ce	86.86	52.30	71.60									
Pr	12.15	6.56	10.65									
Nd	53.57	26.30	47.84									
Sm	10.74	4.38	10.56									
Eu	2.94	1.66	2.78									
Gd	7.94	2.96	7.60									
Tb	1.02	0.35	0.99									
Dy	5.23	1.70	5.14									
Ho	0.91	0.30	0.88									
Er	2.27	0.76	2.23									
Tm	0.32	0.11	0.29									
Yb	1.93	0.71	1.73									
Lu	0.28	0.11	0.25									

Tableau VI (suite). Composition chimique des métagabbros à grenat de Mamb et des roches associées.

Type pétrographique	Biotitite à amphibole et grenat			Hornblendites à biotite				
Echantillon	**M003**	**M004**	**MA23**	**M002**	**M017**	**MA22**	**BC1**	**BC2**
SiO_2 (%)	41.57	38.79	37.92	38.33	39.89	41.22	41.58	42.64
Al_2O_3	19.44	18.70	16.23	14.46	13.73	15.94	14.75	17.67
Fe_2O_3	16.12	18.01	18.74	16.65	16.65	13.98	14.72	12.40
MnO	0.21	0.26	0.07	0.15	0.20	0.11	0.18	0.12
MgO	5.87	6.51	9.35	8.32	10.20	8.36	9.63	5.93
CaO	5.74	6.07	2.76	11.54	10.43	9.92	9.81	10.24
Na_2O	2.18	1.74	0.53	2.16	2.08	1.12	2.48	3.19
K_2O	3.85	4.18	7.81	1.07	1.41	3.44	1.35	1.28
TiO_2	2.85	3.18	2.86	4.71	3.23	2.40	2.78	3.66
P_2O_5	1.17	1.49	1.48	1.63	0.68	1.11	0.32	1.19
PF	1.91	1.84	1.44	1.21	1.57	1.80	1.38	1.23
Total	100.91	100.77	99.17	100.23	100.07	99.41	98.97	99.56
Ba (ppm)			2133			892	741	519
Co			51.43			47	49	39
Cr			414			487	58	15
Cs			37.71			15.2	0.6	13.2
Cu			51.74			46	39	38
Ga			39.57			31	30	30
Hf			5.04			7.5	8.5	3.9
Nb			6.65			8.5	7.9	12.5
Ni			126			135	36	19
Rb			430			180	25	47
Sr			128			341	568	1416
Th			7.72			1.8	0.5	1.0
U			7.37			1.5	0.2	0.5
V			456			297	463	440
Y			25.1			29.4	40.2	29.8
Zn			365			295	196	150
Zr			232			354	420	141
La			53.66			53.89	19.88	35.00
Ce			126			131	66.36	92.63
Pr			16.59			18.07	11.46	13.38
Nd			68.47			79.95	57.88	61.44
Sm			14.66			15.18	14.65	12.37
Eu			2.95			4.00	3.55	3.14
Gd			10.75			10.80	11.73	9.32
Tb			1.38			1.30	1.56	1.20
Dy			6.27			6.32	7.96	5.95
Ho			0.91			1.02	1.40	1.01
Er			1.95			2.63	3.77	2.63
Tm			0.20			0.34	0.49	0.34
Yb			1.06			2.07	3.07	2.11
Lu			0.14			0.31	0.45	0.31

Tableau VI (suite). Composition chimique des métagabbros à grenat de Mamb et des roches associées.

Type pétrographique	Veines quartzofeldspathiques								
Echantillon	**BC5**	**Bo10**	**Bo05**	**Bo07**	**Bo13**	**Bo18**	**Bo06**	**MA20a**	**MA20b**
SiO_2 (%)	68.77	59.38	60.47	68.84	71.65	73.09	73.83	75.02	75.25
Al_2O_3	19.48	18.40	17.76	16.42	11.39	14.67	15.50	15.48	15.60
Fe_2O_3	0.16	6.63	6.09	2.38	7.27	1.36	0.48	0.25	0.13
MnO	0.00	0.11	0.05	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.02	1.88	1.93	0.90	1.92	0.22	0.12	0.08	0.02
CaO	5.30	5.14	5.27	4.20	3.01	2.40	3.99	4.03	4.14
Na_2O	5.84	4.61	4.37	4.90	1.85	3.41	5.13	5.05	5.07
K_2O	0.20	1.65	1.58	0.91	0.71	3.58	0.24	0.13	0.11
TiO_2	0.01	0.94	1.04	0.40	0.97	0.09	0.03	0.03	0.01
P_2O_5	-	0.48	0.52	0.28	0.17	0.07	0.13	0.04	0.05
PF	0.12	-	-	-	-	-	-	0.26	0.41
Total	99.90	99.22	99.08	99.23	99.05	98.89	99.45	100.36	100.78
Ba (ppm)	148							233	185
Co	0.4							0.5	0.3
Cr	6.3							-	-
Cs	0.2							0.2	-
Cu	-							4.03	-
Ga	23							20	19
Hf	1.5							0.4	0.3
Nb	-							0.2	0.1
Ni	4							-	-
Rb	1.0							2.4	0.9
Sr	1332							885	912
Th	1.1							1.4	1.2
U	0.9							0.5	0.5
V	-							3.5	-
Y	0.8							0.7	0.7
Zn	-							-	-
Zr	33							9	9
La	1.93							2.57	2.19
Ce	4.61							5.65	4.83
Pr	0.57							0.69	0.60
Nd	2.32							2.57	2.29
Sm	0.53							0.61	0.57
Eu	0.13							0.13	0.12
Gd	0.45							0.41	0.40
Tb	0.06							0.05	0.05
Dy	0.26							0.23	0.21
Ho	0.04							0.03	0.03
Er	0.12							0.06	0.05
Tm	0.02							0.01	0.01
Yb	0.09							0.03	0.03
Lu	0.02							0.01	-

Les teneurs en SiO_2 et Al_2O_3 des métagabbros à grenat varient respectivement de 43.82 à 49.68% et de 17.27 à 23.39%. Ces teneurs varient de 38.33 à 42.64% (SiO_2) et de 13.1 à 17.67% (Al_2O_3) dans les hornblendites à biotite, ainsi que de 38.79 à 41.57% (SiO_2) et de 16.23 à 19.44% (Al_2O_3) dans les biotitites à amphibole et grenat. Les veines quartzofeldspathiques ont des teneurs élevées en SiO_2 (59.38-75.25%) par rapport aux métagabbros à grenat, hornblendites à biotite et biotitites à amphibole et grenat et des teneurs en Al_2O_3 (11.39-19.48%) semblables à celles de ces derniers (tab. VI). La somme des éléments liés aux minéraux ferromagnésiens (Fe_2O_3+MgO+TiO_2) varie de 10.61 à 22.85% pour les métagabbros à grenat, de 21.99 à 30.08% pour les hornblendites à biotite, et de 24.84 à 30.94% pour les biotitites à amphibole et grenat. Cette somme est en général inférieure à 3% pour les veines quartzofeldspathiques. La somme Na_2O+K_2O varie de 4.50 à 6.83% dans les métagabbros à grenat, de 3.23 à 4.48% dans les hornblendites à biotite, de 5.92 à 8.34% dans les biotitites à amphibole et grenat et de 2.56 à 6.99% dans les veines quartzofeldspathiques. Le rapport Na_2O/K_2O varie de 1.29 à 3.55 pour les métagabbros à grenat, de 0.33 à 2.49 pour les hornblendites à biotite, de 0.07 à 0.57 pour les biotitites à amphibole et grenat et de 0.95 à 48.24 pour les veines quartzofeldspathiques.

Les éléments en traces ont été dosés dans trois échantillons de métagabbro à grenat, quatre de hornblendite à biotite, un de biotitite à amphibole et grenat et trois de veines quartzofeldspathiques. Les teneurs en Ba et Sr sont très élevées et varient beaucoup dans les métagabbros à grenat (565-2448 et 1193-1471 ppm), hornblendites à biotite (519-1082 ppm et 341-1416 ppm) et biotitites à amphibole et grenat (2133 ppm et 128 ppm). Cette variabilité peut être en partie liée aux effets du métamorphisme. Les teneurs en Ba (148-233 ppm) sont faibles dans les veines quartzofeldspathiques et celles en Sr (885-1332 ppm) sont élevées, en cohérence avec la nature trondhjémitique de certaines veines (fig. 21b). D'autres veines sont de nature granitique ou granodioritique (fig. 21b). Les teneurs en Co, Cr et Ni sont faibles dans les métagabbros à grenat ($16.01 \leq Co \leq 22.49$, $13.67 \leq Cr \leq 17.28$, $8.48 \leq Ni \leq 10.35$), hornblendites à biotite ($39.27 \leq Co \leq 49.29$, $14.62 \leq Cr \leq 487$, $19.49 \leq Ni \leq 135$) et les biotitites à amphibole et grenat (Co=51.43, Cr=414, Ni=126). Zr, Zn et V ont des valeurs faibles à moyennes dans les métagabbros à grenat, hornblendites à biotite et biotitites à amphibole et grenat (tab. VI).

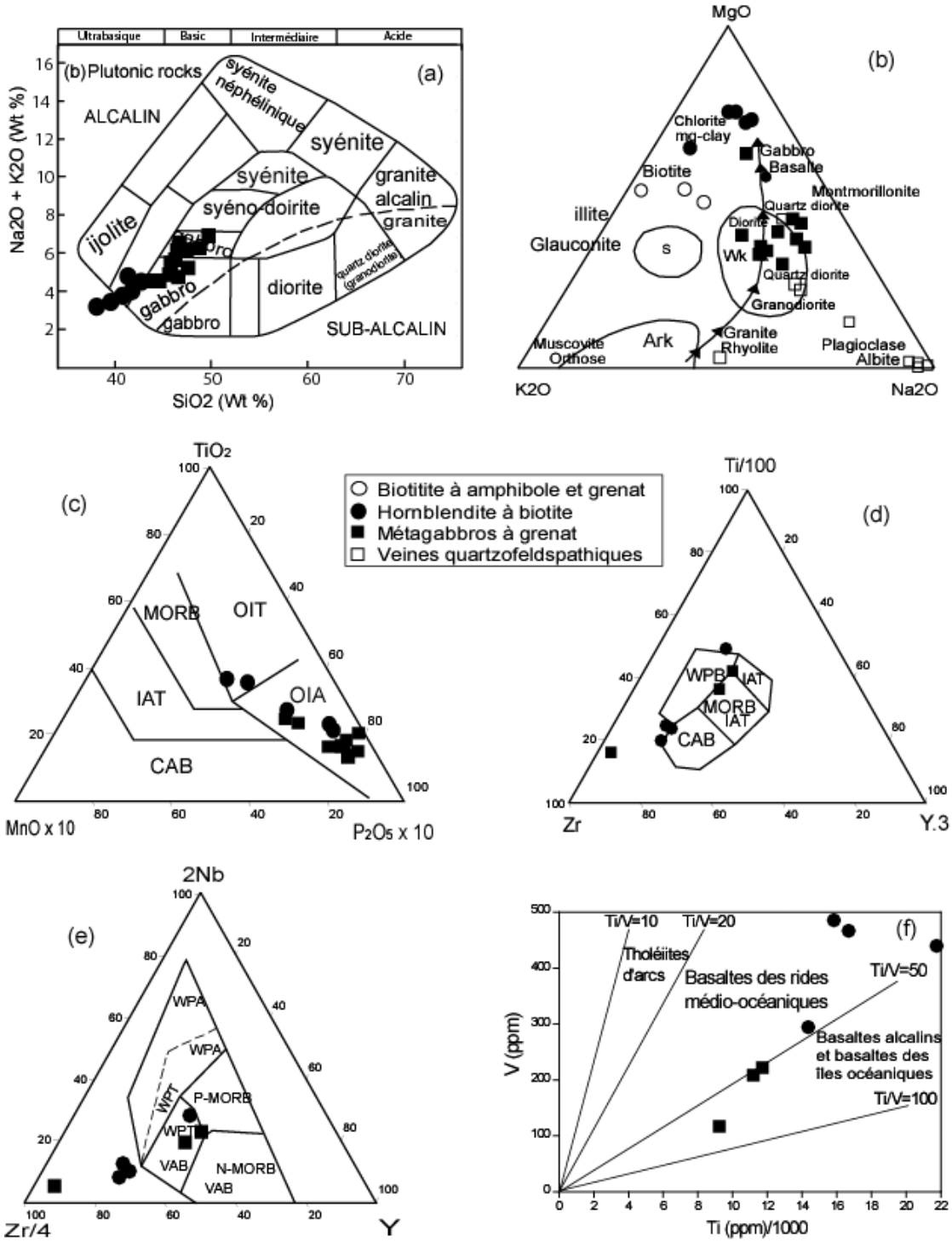


Figure 21. Diagrammes chimiques pour les métagabbros à grenat de Mamb et les roches associées (hornblendites à biotite et biotitites à amphibole et grenat en veines dans les métagabbros).(a) $Na_2O+K_2O-SiO_2$ (Cox et *al.*, 1979); la ligne séparant les domaines alcalin et subalcalin est de Miyashiro. (b) $K_2O-MgO-Na_2O$ (de La Roche, 1965) : sont indiquées les positions de quelques minéraux et des principales roches plutoniques et sédimentaires (Sh: shales; Gwk: grauwackes; Ark: arkoses). (c) (d) et (e) Diagrammes géotectoniques $TiO_2-MnO-P_2O_5$ (d'après Mullen, 1983), 2Nb-Zr/4-Y (d'après Meschede, 1986) et Ti/100-Zr-Y.3 (d'après Pearce et Cann, 1973) ; OIT: oceanic island tholeiite; OIA: oceanic island alkali basalt ; IAT: island arc tholeiite; MORB: mid-ocean ridge basalt; N-MORB: normal MORB; P-MORB: plume MORB; CAB: island arc calco-alkaline basalt; VAB: volcanic arc basalt; WPB: within-plate basalts; WPA: within plate-alkalic; WPT: within-plate tholeiite. (f) Ti-V (Shervais, 1982) ; les rapports Ti/V constants sont représentés par les lignes droites.

Les diagrammes géotectoniques sont là encore assez peu convaincants, mais suggèrent une tendance vers les basaltes intrapaques pour les métagabbros à grenat de Mamb (fig. 21c-f). Ceux-ci se situent dans le champ des basaltes alcalins des îles océaniques dans le diagramme TiO_2-MnOx10-P_2O_5x10 (Mullen, 1983), dans une position indéfinie à la limite entre MORB et basaltes intraplaques dans le diagramme Ti/100-Zr-Yx3 (Pearce et Cann, 1973) et dans celui des tholéiites intraplaques ou des basaltes des arcs volcaniques dans le diagramme Z/4-2Nb-Y (Meschède, 1986). Le diagramme de Shervais (1982) montre que les métagabbros à grenat ont une tendance alcaline (fig. 21f).

Les métagabbros à grenat et les roches associées montrent des spectres de terres rares fractionnés avec un enrichissement en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes (fig. 22a). Les rapports La_N/Yb_N varient de 10.51 à 23.84 ($1.59 \leq La_N/Sm_N \leq 3.55$; $3.33 \leq Gd_N/Yb_N \leq 3.55$) pour les métagabbros à grenat, de 3.88 à 17.66 ($0.77 \leq La_N/Sm_N \leq 2.22$; $2.38 \leq Gd_N/Yb_N \leq 4.21$) pour les hornblendites à biotite, de 13.92 à 52.90 ($2.26 \leq La_N/Sm_N \leq 2.65$; $3.86 \leq Gd_N/Yb_N \leq 10.81$) pour les veines quartzofeldspathiques et ce rapport est de 34.42 (La_N/Sm_N=2.29 ; Gd_N/Yb_N=8.21) pour les biotitites à amphibole et grenat. Les veines quartzofeldspathiques se distinguent des autres échantillons par des teneurs en terres rares beaucoup plus faibles. Excepté un échantillon de métagabbro à grenat qui présente une forte anomalie positive en Eu (Eu/Eu*=1.41; éch. BC6), tous les autres métagabbros à grenat ainsi que les roches associées montrent une légère anomalie négative en Eu. Le rapport Eu/Eu* varie de 0.95 à 0.97 dans les métagabbros à grenat, de 0.83 à 0.95 dans les hornblendites à biotite, de 0.76 à 0.81 dans les veines quartzofeldspathiques et ce rapport est de 0.72 dans les biotitites à amphibole et grenat.

Les spectres multiélémentaires des métagabbros à grenat, hornblendites à biotite et biotitites à amphibole et grenat sont semblables, et diffèrent des spectres des veines quartzofeldspathiques. Les spectres des métagabbros à grenat, hornblendites à biotite et biotitites à amphibole et grenat montrent une anomalie négative en Th, Nb, Ta et en Sr. Les veines quartzofeldspathiques ont une forte anomalie négative en K, Nb, Ta, La, Ce, Nd, Zr et Ti. Elles montrent une anomalie positive en Ba (fig. 22).

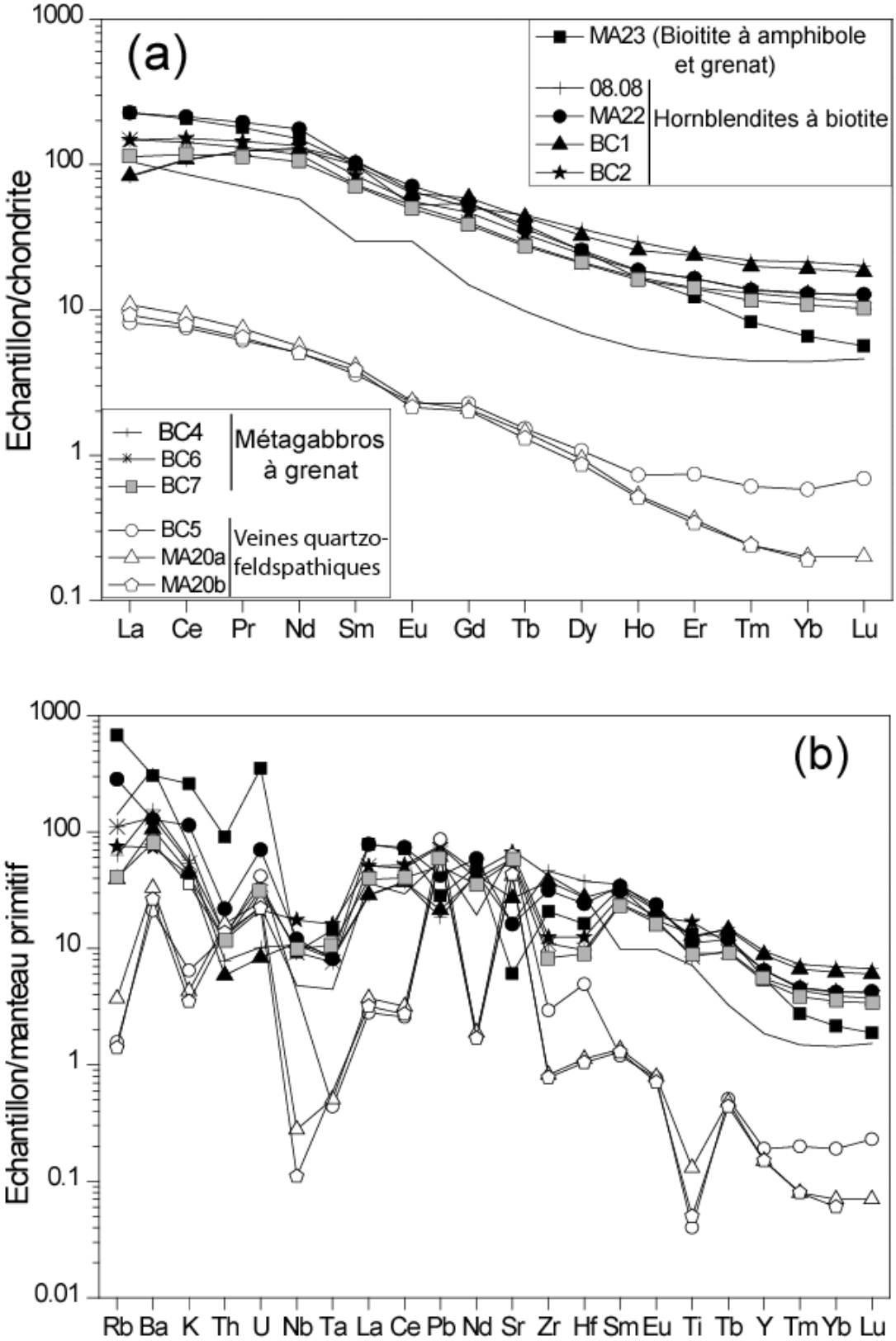


Figure 22. Spectres des terres rares (a) et multiélémentaires (b) des métagabbros à grenat de Boumnyebel, normalisés selon McDonough et Sun (1995) et Sun et McDonough (1989), respectivement. Les échantillons MA23 et 08.08, MA22, BC1 et BC2 sont respectivement des veines de biotitite à amphibole-grenat et de hornblendite à biotite dans les métagabbros à grenat.

II.2.3.3. Description pétrographique des hornblendites à épidote et pyroxénites

Ces roches ultramafiques forment des corps plus ou moins stratiformes dans les micaschistes à grenat. Leur gisement ainsi que les échantillons macroscopiques sont décrits ci-dessous, leur description microscopique est donnée dans le tableau VII.

Les hornblendites à épidote ─ Elles affleurent au sud-ouest (Pout Kellé, Mbanga, Nsimé Kellé, Mamb Kélé), au nord-est (Ngog Tos, Henguégué) et au centre-est (Bibodi) de la carte, en niveaux plus ou moins boudinés et blocs métriques (< 4x6 m) dans les micaschistes à grenat. Au sud-ouest, elles sont à biotite, et uniquement à épidote au centre-est et au nord-est. A l'est de la tranchée routière de Mbanga, les hornblendites à épidote affleurent en blocs de taille moyenne 5x8 m au sommet de la colline située à l'est du cours d'eau « Inkack Massen ». Elles reposent ici sur des micaschistes à grenat. La taille des cristaux de hornblende est inférieure à 5x2 mm.

Les pyroxénites ─ Elles affleurent à Mamb, en contact (probablement faillé) avec les métagabbros à grenat, et au sud-est à Tayap et Ngong où elles se présentent en niveaux stratiformes dans les micaschistes à grenat. Trois variétés de pyroxénites ont été identifiées : (i) pyroxénite à hornblende, (ii) clinopyroxénite à actinote, et (iii) orthopyroxénite à anthophyllite. Les pyroxénites à hornblende affleurent à Mamb en boules métriques éparses dans une plaine marécageuse et sur des flancs de petites collines au sud du cours d'eau «Pougué». Macroscopiquement, ils sont sombre-verdâtre, mouchetés, avec des mégacristaux de hornblende de dimension inférieure à 13x11 mm. Les mégacristaux de pyroxène sont de taille inférieure à 8x4 mm. A Tayap, dans le cours d'eau "Lep Banda" (sud de la carte), les blocs d'orthopyroxénite à anthophyllite (taille ≤ 9x14 m) forment un niveau d'au moins 45 m d'épaisseur dans les micaschistes à grenat. A Ngong (sud-est de la carte), les clinopyroxénites à actinote affleurent en bordure du "Kellé" en blocs de taille ≤ 2x5 m.

II.2.3.4. Composition chimique des hornblendites à épidote et pyroxénites à hornblende

L'analyse chimique en roche totale n'a pas été faite dans les clinopyroxénites à actinote et orthopyroxénites à anthophyllite. Le diagramme de La Roche montre que les hornblendites à épidote et les pyroxénites à hornblende se situent à proximité du pôle magnésien et sont dans le

Tableau VII. Description microscopique des hornblendites à épidote et pyroxénites.

Type pétrographique	Minéralogie et structure
Hornblendite à épidote	Minéraux essentiels : amphibole (70-80%), épidote (5-15%), plagioclase (5-7%), calcite (1%), quartz (1%) Minéraux accessoires : Oxydes, sphène, apatite, rutile, biotite, chlorite Texture : La texture est nématopœciloblastique hétérogranulaire. La schistosité est soulignée par l'amphibole et l'épidote. L'amphibole se présente surtout en cristaux allongés (≤ 2x4 mm), et aussi en porphyroblastes riches en inclusion de quartz, chlorite, biotite, calcite. Le plagioclase est xénomorphe, se présente en cristaux de 0.4x0.9 à 2.2x5.5 mm et à plans de macle légèrement déformés. L'épidote (zoïsite) se présente en baguettes plus au moins allongées et souvent zonées. Les grosses épidotes sécantes sur la schistosité contiennent des inclusions d'amphibole. Le sphène se présente en cristaux de longueur moyenne 0.3 mm, formant souvent des amas. L'apatite se présente en cristaux subsphériques de diamètre variant entre 0.1 et 0.3 mm. Elle atteint 1% dans certaines hornblendites à épidote.
Pyroxénite à hornblende	Minéraux essentiels : orthopyroxène (35-45%), clinopyroxène (15-20%), hornblende (25-40%), plagioclase (1-8%), quartz (1-4%), phlogopite (1%) Minéraux accessoires : oxydes, apatite, rutile, ilménite, chlorite Texture : La texture est granoblastique hétérogranulaire. Les pyroxènes sont des orthopyroxènes (enstatite) et des clinopyroxènes (diopside). Ils forment des cristaux aciculaires de dimension moyenne 0.3x0.8 mm, craquelés, et parfois en baguettes plus au moins allongées (1.1x2 mm). La hornblende apparaît en poeciloblastes de taille ≤ 1.2x1.8 mm, très fracturés et riches en inclusions de pyroxène. Les microcristaux de hornblende se présentent en alignement rectilignes dans le pyroxène. Le plagioclase est en plages subautomorphes à xénomorphes de taille 0.9x1.2 mm. Les oxydes automorphes sont en inclusion dans l'amphibole et le pyroxène. Les oxydes xénomorphes sont fréquents sur la bordure du pyroxène. Les inclusions de rutile sont fréquentes et orientées dans la hornblende et le pyroxène.
Clinopyroxénite à actinote	Minéraux essentiels : clinopyroxène (85-90%), actinote (10-15%) Minéraux accessoires : oxydes Texture : Le clinopyroxène (diopside) se présente en grands cristaux (≤ 13.6x7 mm) renfermant par endroits de petits cristaux d'actinote. Les actinotes, de taille ≤ 1.8x1.4 mm, ont des cœurs riches en inclusions d'oxydes. Elles se développent aussi le long des joints de grains des clinopyroxènes. Les baguettes d'actinote se développent uniquement au coeur des grands cristaux de clinopyroxène. La texture est granoblastique hétérogranulaire.
Orthopyroxénite à anthophyllite	Minéraux essentiels : orthopyroxène (50%), anthophyllite (27%), trémolite (10%), magnésite (10%), chromite (2%) Minéraux accessoires : chlorite (1%) Texture : L'orthopyroxène (enstatite) se présente en grands cristaux craquelés rétromorphosé en anthophyllite, magnésite et trémolite. L'anthophyllite se développe en plages suivant les craquelures de l'orthopyroxène. Les grosses chromites sont subautomorphes et de diamètre maximal 0.6 mm. Elles sont partiellement en inclusion dans l'orthopyroxène alors que les petites sont entièrement en inclusion. La magnésite se développe le long des craquelures de l'orthopyroxène. La trémolite (≤ 2.8x0.35 mm) se développe sur la bordure et le long des craquelures de l'orthopyroxène. Elle apparaît comme le minéral le plus tardif. La chlorite se développe au dépens de l'orthopyroxène, sur sa bordure. La texture est granoblastique hétérogranulaire.

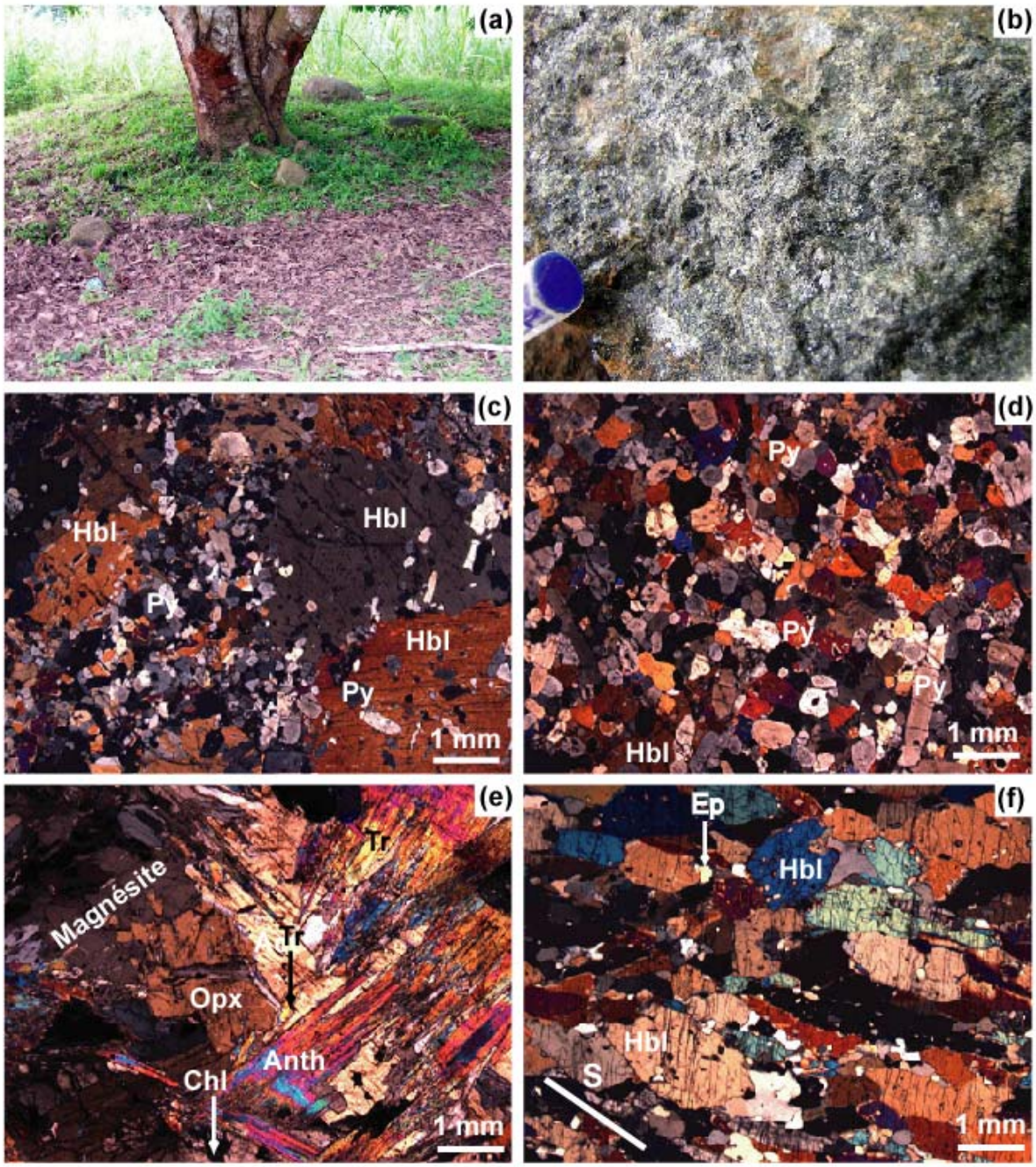


Figure 23. Photos des hornblendites à épidote et pyroxénites. (a) affleurement de pyroxénite à hornblende (Mamb) en blocs épars dans le sol. (b) Echantillon macroscopique frais de pyroxénite à hornblende (Mamb); la longueur de la tête du stylo est de 4 mm. (c) Pyroxénite à hornblende de Mamb montrant de grands cristaux de hornblende pœciloblastique riches en inclusions de petits cristaux de pyroxène. (d) Texture granoblastique dans les pyroxénites à hornblende de Mamb. (e) Grandes baguettes d'anthophyllite se développant sur les orthopyroxènes et la magnésite dans les orthopyroxénites à anthophyllite de Tayap (sud de la carte). (f) Hornblendites à épidote de Henguégué (nord-est de la carte) montrant une schistosité marquée.

Tableau VIII. Composition chimique des hornblendites à épidote et pyroxénites à hornblende.

Type	Hornblendites à épidote			Pyroxénites à hornblende (Mamb)					
Echantillon	**NT1**	**HE7**	**PK03**	**MA1**	**MA8**	**MA11**	**MA13**	**MA26**	**MA28**
SiO_2 (%)	47.47	49.55	57.30	49.67	49.9	49.73	47.95	48.65	49.33
Al_2O_3	15.85	15.09	4.26	5.45	5.9	5.41	7.02	6.2	6.05
Fe_2O_{3tot}	6.84	11.01	8.06	13.53	12.01	12.48	12.7	13.96	12.3
MnO	0.11	0.17	0.21	0.2	0.2	0.21	0.2	0.22	0.2
MgO	11.99	8.21	17.42	20.47	19.63	19.69	16	15.84	19.25
CaO	13.44	11.41	10.23	8.66	9.82	10.98	12.18	12.44	10
Na_2O	1.09	1.35	0.45	0.68	0.86	0.76	1.12	0.96	0.93
K_2O	0.28	0.47	0.00	0.12	0.36	0.28	0.46	0.3	0.31
TiO_2	0.32	1.01	0.12	0.83	0.75	0.8	1.17	0.86	0.84
P_2O_5	0.04	0.10	0.00	0.06	0.19	0.1	0.08	0.16	0.15
PF	2.07	1.82	2.21	0.47	0.68	0.56	0.58	0.74	0.84
Total	99.50	100.18	100.26	100.14	100.31	101	99.45	100.33	100.31
Ba (ppm)	12	25	19	99	198	101	206	111	149
Co	43	48	73	116	105	80	84	62	80
Cr	1094	375	5158	1503	2260	1672	1107	1248	2083
Cs	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-
Cu	3	9	36	135	140	101	79	111	123
Ga	13	17	8	11	13	11	16	15	13
Hf	0.4	1.6	0.4	1.4	1.9	1.5	2.2	1.9	1.9
Nb	0.4	1.5	0.5	1.5	2.4	1.5	2.0	1.5	2.5
Ni	252	146	719	433	543	316	189	196	454
Rb	4	4	3	3	4	4	8	5	5
Sr	152	157	19	112	150	121	181	189	176
Th	-	0.3	0.1	0.4	0.6	0.4	0.7	0.5	0.5
U	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
V	180	260	85	259	218	270	328	258	229
Y	9	29	9	11	15	14	19	18	13
Zn	83	94	116	127	139	108	140	187	137
Zr	12	56	16	38	49	38	59	56	58
La	0.68	6.27	10.42	5.30	13.90	6.07	8.70	7.88	9.68
Ce	1.56	12.71	18.66	16.00	37.70	17.70	26.70	24.82	27.66
Pr	0.28	1.80	2.63	2.60	5.83	2.98	4.52	4.11	4.22
Nd	1.67	9.01	9.11	13.10	26.90	14.90	22.90	21.14	19.86
Sm	0.73	2.89	1.75	3.48	6.10	4.06	6.15	5.77	4.68
Eu	0.46	1.05	0.39	0.93	1.50	1.09	1.60	1.48	1.18
Gd	1.10	3.90	1.46	3.14	4.69	3.67	5.24	4.93	3.74
Tb	0.22	0.70	0.25	0.44	0.63	0.53	0.73	0.68	0.50
Dy	1.50	4.75	1.57	2.43	3.32	2.96	3.96	3.72	2.67
Ho	0.33	1.01	0.31	0.44	0.56	0.53	0.71	0.65	0.46
Er	0.99	2.91	0.95	1.13	1.43	1.38	1.83	1.75	1.16
Tm	0.15	0.44	0.16	0.15	0.20	0.19	0.25	0.23	0.16
Yb	0.98	2.84	1.18	0.96	1.21	1.24	1.58	1.47	1.01
Lu	0.15	0.44	0.18	0.14	0.18	0.18	0.22	0.22	0.15

prolongement de la tendance des roches ignées. Au vu de leur composition, il s'agirait d'anciennes roches ignées ultramafiques. Dans les hornblendites à épidote, les teneurs en SiO_2 et Al_2O_3 varient peu et respectivement de 47.47 à 49.55% et de 15.09 à 15.85% avec un échantillon particulier qui renferme 57.30% de SiO_2 et 4.26% d'Al_2O_3 (éch. PK03). Ces teneurs varient également peu dans les pyroxénites à hornblende, respectivement de 47.95-49.73% et de 5.41-7.02%. La somme des éléments liés aux minéraux ferromagnésiens (Fe_2O_3+MgO+TiO_2) varie de 19.14 à 25.60% pour les hornblendites à épidote et de 29.87 à 34.83% pour les pyroxénites à hornblende. La somme des alcalins (Na_2O+K_2O) reste très faible de 0.45 à 1.82% pour les hornblendites à épidote et de 0.8 à 1.58% pour les pyroxénites à hornblende. Ces faibles teneurs en alcalins sont typiques des séries tholéiitiques (Schilling et *al*., 1983; Sun et McDonough, 1989). Les fortes teneurs en CaO des hornblendites à épidote (10.23-13.44%) et pyroxénites à hornblende (8.66-12.44%) sont caractéristiques des roches ultramafiques (tab. VIII). L'ensemble de ces caractéristiques des hornblendites à épidote et des pyroxénites à hornblende de la région de Boumnyebel sont semblables à ceux des roches ultramafiques du complexe panafricain de Mokuru dans la ceinture de schiste de Ilesha, au sud-est du Nigéria (Ige et *al.*, 1998).

Les fortes teneurs en Cr et un peu moins importantes en Ni et Co des hornblendites à épidote (Cr = 1094-5158 ppm, Ni = 146-719 ppm, Co = 43-73 ppm) et pyroxénites à hornblende (Cr = 1107-2260 ppm, Ni = 189-454 ppm, Co = 62-116 ppm) sont caractéristiques des roches ultramafiques. Pour les hornblendites à épidote, ces teneurs sont comparables à celles des péridotites panafricaines serpentinisées de Lomié, Est-Cameroun (Sémé Mouangué, 1998) et du complexe volcanique de Timmins, en Ontario (Schandl et Wicks, 1993), et aux ophiolites (Melcher et *al.*, 2002; Yigitbas et *al.*, 2004). De telles teneurs sont aussi connues dans les magmas tholéiitiques primitifs (Cr = 500-600 ppm, Ni = 200-300 ppm, Co = 50-60 ppm; Schilling et *al.*, 1983). Les fortes teneurs en Cr, Ni et Co dans les pyroxénites à hornblende et hornblendites à épidote peuvent être attribuées à la présence des sulfures (pyrite-pyrrhotite-chalcopyrite-cobaltian pentlandite) et aux processus d'accumulation pendant la cristallisation, telle que le montre les textures (Nkoumbou, en préparation).

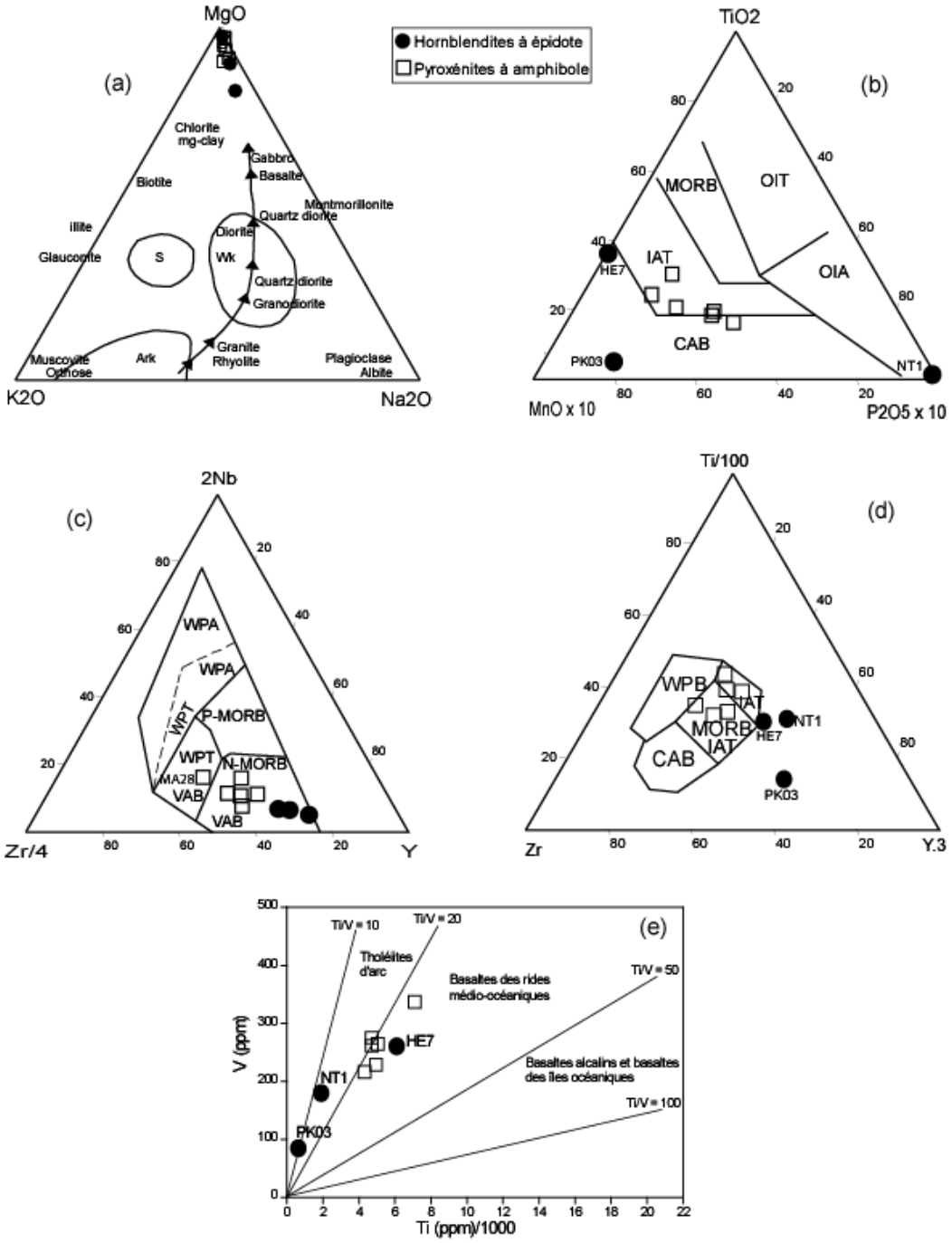


Figure 24. Diagrammes chimiques pour les hornblendites à épidote et pyroxenites à hornblende panafricaines. (a) K_2O-MgO-Na_2O (de La Roche, 1965); sont indiquées les positions de quelques minéraux et des principales roches plutoniques et sédimentaires (Sh: shales; Gwk: grauwackes; Ark: arkoses). (b) (c) et (d) Diagrammes géotectoniques TiO_2-MnO-P_2O_5 (d'après Mullen, 1983), 2Nb-Zr/4-Y (d'après Meschede, 1986) et Ti/100-Zr-Y.3 (d'après Pearce et Cann, 1973) ; OIT: oceanic island tholeiite; OIA: oceanic island alkali basalt; IAT: island arc tholeiite; MORB: mid-ocean ridge basalt; N-MORB: normal MORB; P-MORB: plume MORB; CAB: island arc calco-alkaline basalt; VAB: volcanic arc basalt; WPB: within-plate basalts; WPA: within plate-alkalic; WPT: within-plate tholeiite. (e) Ti-V (Shervais, 1982).

Dans le diagramme MnOx10-TiO_2-P_2O_5x10 (Mullen, 1983), les pyroxénites à hornblende sont toutes dans le champ des tholéïtes des arcs insulaires à l'exception d'un échantillon qui se trouve à la limite entre le domaine des tholéïtes et des basaltes calco-alcalins des arcs insulaires. Concernant les hornblendites à épidote, en dehors de l'échantillon NT1 qui se trouve dans le champ des basaltes alcalins d'îles océaniques, tous les autres sont dans le domaine des basaltes calco-alcalins des arcs insulaires (fig. 24). Le diagramme Zr/4-2Nb-Y (Meschede, 1986) montre que les hornblendites à épidote et pyroxénites à hornblende sont d'anciennes N-MORB ou basaltes des arcs volcaniques, sauf l'échantillon MA28 de pyroxénite à hornblende qui est dans le champ des tholéïtes intraplaques et des basaltes des arcs volcaniques. Les pyroxénites à hornblende sont considérées comme des MORB ou des tholéïtes d'arcs insulaires dans le diagramme de Zr-Ti/100-Yx3 (Pearce et Cann, 1973). Par contre, les hornblendites à épidote sont toutes en dehors des domaines définis par ces auteurs, exception faite de l'échantillon HE7 qui se trouve à la limite des champs des MORB et des tholéïtes des arcs insulaires. Dans le diagramme Ti-V (Shervais, 1982), la majorité des pyroxénites à hornblende sont à cheval entre les domaines des MORB et des tholéïtes d'arcs avec deux échantillons de pyroxénites à hornblende entièrement dans le champ des MORB. Deux échantillons de hornblendite à épidote (éch. NT1 et PKO3) sont dans le domaine des tholéïtes d'arcs et un (éch. HE7) dans le champ des MORB. Enfin, le diagramme Th/Ta en fonction de La/Yb (Condie, 1997a) montre que les pyroxénites à hornblende ont une affinité avec les basaltes d'arcs (fig. 25c). Tous ces diagrammes géotectoniques apparaissent à peu près cohérents pour suggérer que les hornblendites à épidote et les pyroxénites à hornblende de la région de Boumnyebel sont affiliées aux roches d'arcs insulaires (arrière-arc).

Les spectres des terres rares des pyroxénites à hornblende (fig. 25a) sont semblables les uns aux autres et sont moyennement fractionnés ($3.33 \leq La_N/Yb_N \leq 7.80$). Quelques échantillons montrent un léger enrichissement en terres rares légères ($La_N/Sm_N \leq 1.42$) par rapport aux terres rares lourdes ($2.39 \leq Gd_N/Yb_N \leq 3.14$). Les spectres des hornblendites à épidote sont peu fractionnés (éch. NT1 et PK03) et plat (éch. HE7). Le rapport La_N/Yb_N dans la hornblendite à épidote à spectre plat est de 1.50 (La_N/Sm_N=1.35; Gd_N/Yb_N=1.11). Ces caractéristiques rapprochent cette hornblendite des N-MORB.

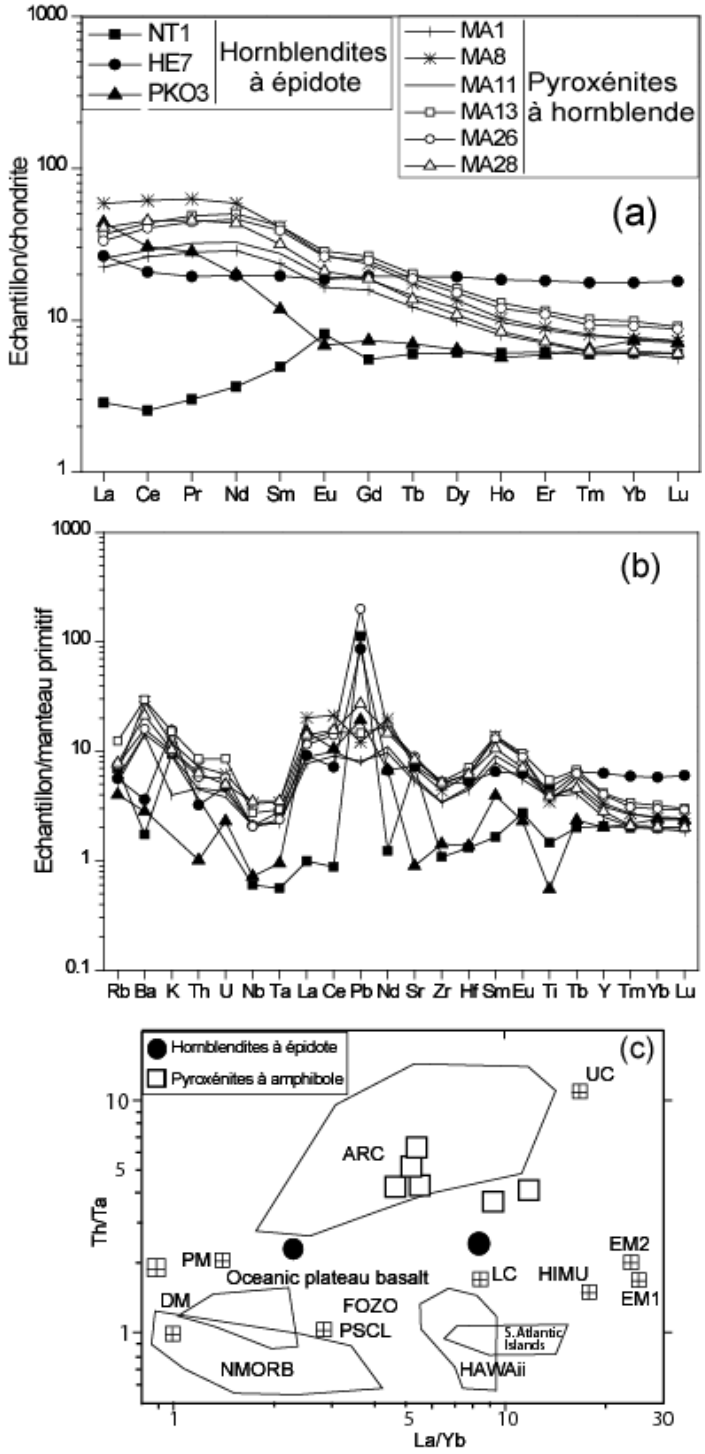


Figure 25. Spectres des terres rares et multiélémentaires des hornblendites à épidote et pyroxénites à hornblende (a et b) de la région de Boumnyebel. Normalisation des terres rares selon McDonough et Sun (1995) et des multi-éléments selon Sun et McDonough (1989). (c) Diagramme Th/Ta en fonction de La/Yb (Condie, 1997a) montrant la distribution des hornblendites à épidote et pyroxénites à hornblende dans différents contextes tectoniques. (DM) depleted mantle. (PM) primitive mantle; (PSCL) post-Archean subcontinental lithosphère; (LC) lower continental crust; (UC) upper continental crust; (HIMU) high U/Pb mantle source; (EM1 et EM2) enriched mantle sources; (FOZO) lower mantle plume component; (ARC) arc related basalt; (NMORB) normal mid-ocean ridge basalt.

Dans les hornblendites à épidote peu fractionnées, l'échantillon PK03 (La_N/Yb_N=5.99) est enrichi en terres rares légères (La_N/Sm_N=3.73) par rapport au terres rares lourdes (Gd_N/Yb_N=1.00) alors que l'échantillon NT1 (La_N/Yb_N=0.47) est plutôt appauvri en terres rares légères (La_N/Sm_N=0.58) par rapport au terres rares lourdes (Gd_N/Yb_N=0.91). Les pyroxénites à hornblende présentent des anomalies négatives en Eu, avec le rapport Eu/Eu* qui varie très peu (de 0.84 à 0.86). La hornblendite à épidote à spectre plat (éch. HE7) possède une faible anomalie négative en Eu (Eu/Eu*=0.95).

Les spectres multiélémentaires des pyroxénites à hornblende (fig. 25b) montrent de fortes anomalies positives en Ba, La, Sm et Tb et négatives en Nb, Ta, Zr et Ti. L'anomalie en Pb est fortement positive pour certaines pyroxénites à hornblende (éch. MA26, MA28) et faiblement négative pour d'autres (éch. MA1, MA11, MA8). Les hornblendites à épidote présentent une forte anomalie négative en Ba, Th, Nb, Ta, Ce, Nd et Ti et positive en K, U, La et Pb.

II.2.3.5. Talcschistes et roches associées

Nous distinguons deux ensembles : (i) les talcschistes et serpentinites à talc, et (ii) les marbres à dolomite. A cela s'ajoutent quelques faciès de trémolitite à anthophyllite, actinolitite à biotite et épidotite à actinote-biotite. La description microscopique de cet ensemble est donnée dans les tableaux IX et X.

Les talcschistes et serpentinites à talc ─ Les talcschistes affleurent aussi bien au nord qu'au nud de la région d'étude. Ils se présentent en couche d'épaisseur variable par endroits biseautée et boudinée (pouvant atteindre 60 m) essentiellement dans les micaschistes à grenat. Ils affleurent aussi en blocs plurimétriques (nord de la carte) ou en talcschistes résiduels dans les sols (centre de la carte). Au sud-ouest, leurs contacts avec les autres formations panafricaines (amphibolites à grenat ou à épidote et micaschistes à grenat) et les orthogneiss à grenat du socle paléoprotérozoïque sont probablement faillés. Les talcschistes sont localement rétromorphosés en serpentinite à talc (Memel). A l'est (Bibodi et Ngoung), ils sont à amphibole (trémolite, actinote). Ils sont à magnésite-olivine-anthophyllite-trémolite à Lamal Pougué et à pyrite et amphibole à Pout Kellé, Nsimé-Kellé et Memel. Les échantillons macroscopiques montrent que la schistosité dans les talcschistes est marquée par l'orientation des lamelles de talc. Cependant, ils peuvent avoir aussi une structure en rosette ou cristaux enchevêtrés. Au centre de Lamal Pougué, les talcschistes à magnésite-olivine sont recoupés

de veines de talcschiste épaisses de 3 à 5 mm. Leurs orientations varient de N90°E à N117°E avec des pendages variant de 80°S à 90°. Ces veines de talcschiste sont plus épaisses (4 cm) à Bibodi Lamal et sont orientées N95°E 77°S. A Pout Kellé, les cristaux de pyrite sont post-schisteux. Ils ont un cœur sain et une bordure oxydée. Ils sont de formes rectangulaire (longueur : 3 à 6 mm, largeur : 2 à 4 mm et hauteur : 3 à 4 mm), cubique (1 à 4 mm de côté), losangique (1 à 4 mm de côté) et possèdent des arêtes tronquées.

Tableau IX. Description microscopique des talcschistes.

Type pétrographique	Minéralogie et structure
Talcschiste à dolomite	Minéraux essentiels : talc (50-55%), dolomite (30-35%), chlorite (10-15%), anthophyllite (2-3%) Minéraux accessoires : oxydes (1-2%) Texture : La texture est lépidoblastique pour les parties à phyllosilicates et granoblastique pour les amas lenticulaires de dolomite. Les deux schistosités S1 et S2 sont soulignées par le talc et la chlorite. Sur la dolomite pousse le talc en premier. Ensuite, la chlorite se développe sur le talc et enfin l'anthophyllite pousse sur le talc et la chlorite.
Talcschiste à magnésite et olivine	Minéraux essentiels : talc (40-45%), magnésite (40-45%), olivine (5%), chlorite (5%), anthophyllite (3%), trémolite (1-2%) Minéraux accessoires : oxydes Texture : La schistosité est très peu exprimée. L'olivine se présente en porphyroblastes (≤ 1.6 x 1.4 mm) se développant sur le talc. La relation olivine-magnésite n'est pas claire. La trémolite et l'anthophyllite se présentent aussi en porphyroblastes. La chlorite se développe sur tous les minéraux en grandes baguettes secondaires, localement groupées et formant des sphérolites.

Les serpentinites à talc affleurent à l'ouest de Memel en blocs plurimétriques (2 à 6 m) en bordure et dans le lit du cours d'eau «Man Madingue». Les serpentinites à talc sont d'aspect massif et comportent quelques plans de cassures. Le cortège minéralogique renferme en plus de la serpentine et du talc qui sont les minéraux essentiels, la chlorite et la magnétite. ces serpentinites à talc se développent par rétromorphose du talc. Elles sont associées aux talcschistes à trémolite et montre une patine d'altération (jaune-foncé).

Les marbres à dolomite — Ils sont connus uniquement à l'extrême nord-est de la carte (Henguégué). Ces roches forment dans les micaschistes à grenat un méga-boudin hectométrique dans lequel est creusée une grotte haute d'environ 13 m, longue de 40 m et profonde de 8 à 10 m. La roche montre une schistosité majeure (S2) variant de N160°E 35°ENE à N165°E 55°ENE et des joints de décompression subhorizontaux qui favorisent le décollement des blocs. Deux schistosités sont visibles. La schistosité S1 est visible à l'intérieur des lentilles de marbre à dolomite; elle est oblique sur la schistosité S2. Cette S2,

soulignée par le litage compositionnel (talc+chlorite+anthophyllite et dolomite) est d'attitude N150°E 52°ENE. Les lits de talc±chlorite±anthophyllite (épais de quelques cm) entourent des lentilles métriques (8x3 m) de marbre à dolomite. Les lits riches en talc+chlorite+anthophyllite donnent par endroits des chloritoschistes à dolomite ou des talcschistes à dolomite. La dolomite y est toujours présente, mais en faible proportion. On notera que ces niveaux ne se retrouvent pas à l'ouest de la carte où affleurent les micaschistes à grenat et disthène. Cela atteste du caractère très discontinu de ces formations.

Trémolitites à anthophyllite, actinolitites à biotite et épidotites à actinote-biotite ─ Ces faciès limités en abondance se présentent en boudins ou enclaves dans les micaschistes. Les trémolitites à anthophyllite affleurent en blocs plurimétriques épars au sud de la route Boumnyebel-Boga, près de la zone de rencontre des cours d'eau "Njoki" et "Ngopi". Les actinolitites à biotite et les épidotites à actinote-biotite affleurent en boudins décimétriques, exceptionnellement métriques, dans les micaschistes à grenat de la tranchée routière de Boumnyebel, sous les niveaux de talc. Généralement, une couronne de biotitite à calcite-épidote (épaisseur : 2 à 7 cm) les entourent et les isolent des micaschistes à grenat qui les emballent. Des épidotites à actinote-biotite affleurent également au nord-ouest de Boga, dans le massif de Mambé, en boudins centimétriques (≤ 75x50 cm) dans les micaschistes à grenat et disthène.

Tableau X. Description microscopique des talcschistes et roches associées.

Type pétrographique	Minéralogie et structure
Talcschiste à trémolite	Minéraux essentiels : talc (85-90%), chlorite (5-10%), trémolite (5%) Minéraux accessoires : pyrite Texture : Le talc marque la schistosité. Il se présente en lamelles plus au moins allongées (≤ 9 mm) et étalées (≤ 3 mm) et forme par endroits des rosettes (texture) de taille pluricentimétriques. La chlorite est en lamelles de 0.75x1.2 mm et 0.2x0.5 mm. La trémolite apparaît en baguettes allongées (≤ 2.1 mm) postérieures au talc et à la chlorite. La pyrite se présente en cristaux automorphes dans le talc et la chlorite.
Marbre à dolomite	Minéraux essentiels : dolomite (60-70%), talc (20-25%), chlorite (5-10%), anthophyllite (2-3%) Texture : La texture est granoblastique. Les cristaux de dolomite sont de taille millimétrique à demi-centimétrique. Le talc se développe sur la dolomite et la chlorite. L'anthophyllite pousse sur la dolomite, le talc et la chlorite.
Chloritoschiste à dolomite	Minéraux essentiels : chlorite (85%), dolomite (10%), talc (4%) Minéraux accessoires : oxydes Texture : La texture d'ensemble est lépidogranoblastique. La schistosité moule les amas de cristaux de dolomite qui ont une texture granoblastique. La chlorite se développe sur la dolomite. Les grosses dolomites (≤ 8 x 5.2 mm; photo) sont dissociées en petits cristaux par le développement de la chlorite le long de leurs plans de clivages et craquelures. Le talc pousse sur la chlorite et la dolomite. Il est postérieur à la dolomite et à la chlorite et aux deux schistosités. Les oxydes sont xénomorphes et se développent le long des craquelures et clivages des dolomites en cours de démantèlement. Dans les marbres, talcschistes et chloritoschistes à dolomite, talc et anthophyllite, on observe exactement les mêmes phénomènes, la différence ne se situe qu'au niveau du degré de transformation des marbres dolomitiques de départ et donc au niveau de la proportion des minéraux.
Serpentinite à talc	Minéraux essentiels : serpentine (50%), talc (30%), chlorite (15%), magnétite (5%) Texture : La serpentinite se présente en agrégats de plages lamellaires, de petite taille (≤ 0.15 x 0.4 mm) avec une texture entrecroisée, maillée par endroits. La serpentine est essentiellement de l'antigorite associée au talc, à la chlorite et à des oxydes. Le talc montre des lamelles peu allongées (≤ 0.5 mm), étalées (≤ 0.3 mm). Elles sont ployées et montrent des clivages tordus. La chlorite se présente en lamelles étalées (≤ 1.5 mm) et plus au moins allongées (≤ 2.5 mm). La magnétite est xénomorphe et de dimension moyenne 0.6 x 0.9 mm.

Figure 26. Photo talcschistes à l'affleurement. (a) Schistosité marquée de façon fruste dans les talcschistes à trémolite de Bibodi Lamal (est de la carte). (b) Echantillon de talcschiste à magnésite-olivine de Lamal Pougué (est de la carte). (c) Structure en rosette visible à l'affleurement dans les talcschistes à trémolite de Ngoung Brousse (est de la carte). (d) Grotte creusée dans le marbre à dolomite de Henguégué ; elle est haute d'environ 13 m, longue d'environ 20 m et profonde de 7 à 10 m par endroits. (e) Détail des marbres à dolomite et talcschiste à dolomite de la grotte de Henguégué ; notez les joints de décompression subhorizontaux qui favorisent le décollement des blocs. (f) Détail des marbres à dolomite, talcschiste à dolomite et chloritoschiste à dolomite; les marbres à dolomite subsistent en lits plus ou moins boudinés entre les niveaux à talc, anthophyllite et chlorite. La longueur du stylo sur les photos a, c et f est de 15 cm. Le diamètre de la pièce de monnaie sur la photo b est de 2.5 cm. La taille de l'homme sur les photos d et e est de 1.68 m.

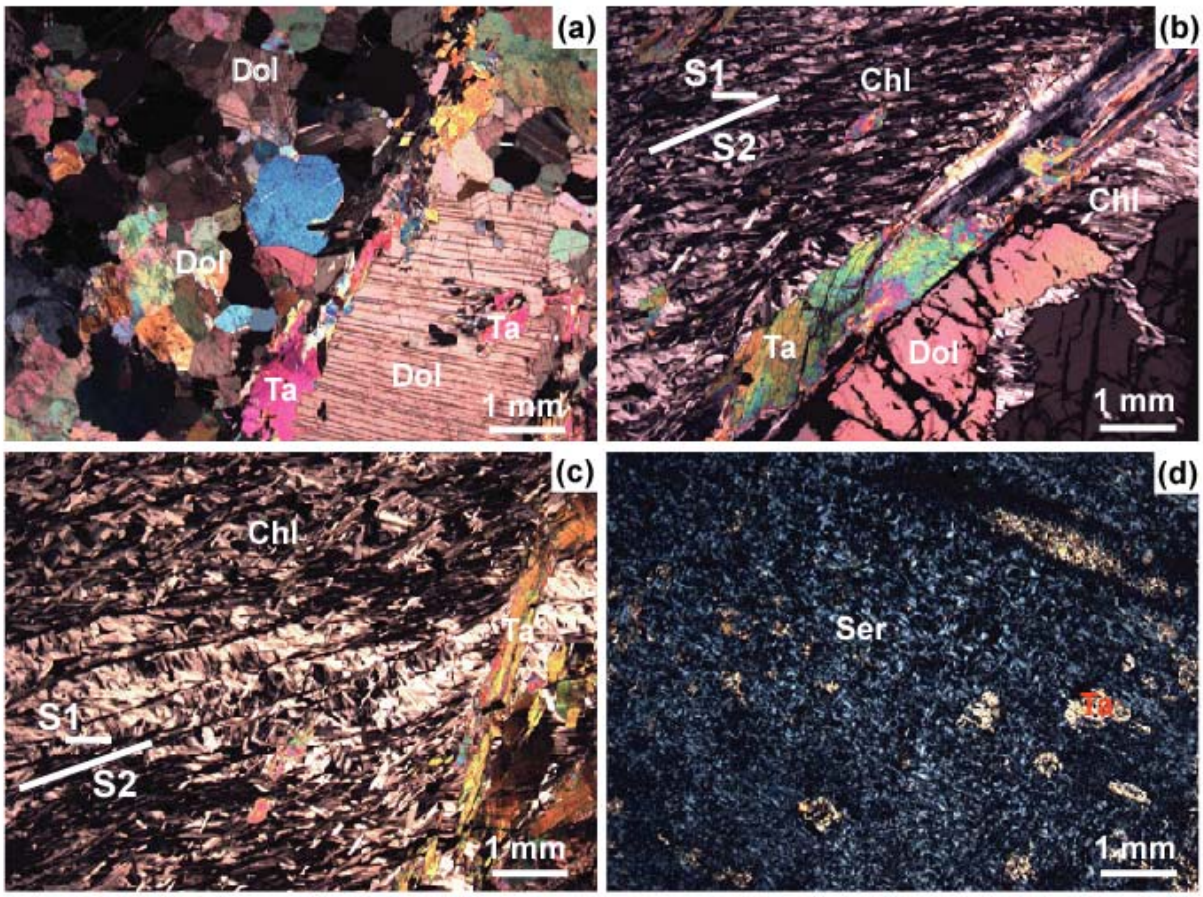


Figure 27. Photo talcschistes en lames minces. (a) Texture granoblastique dans le marbre à dolomite de Henguégué ; observer le talc qui se développe aussi bien au coeur que le long de la bordure de la dolomite. (b) Chloritoschiste à dolomite montrant deux schistosités (S1 et S2) ; la S1 est soulignée par la chlorite et la S2 par la chlorite, le talc et la dolomite ; notez que les porphyroblastes de talc se développent au dépens de la chlorite et que la dolomite forme également des grands porphyroblastes automorphes. (c) Chloritoschiste à dolomite montrant clairement la schistosité S2 qui reprend la S1 et le talc qui se développe en grandes baguettes sur la chlorite. (d) Texture maillée de la serpentinite à talc de Memel (sud-ouest de la carte) se développant aux dépens du talc qui subsiste en îlots.

II.2.3.6. Composition chimique des talcschistes et des roches associées

Au total, 38 échantillons de talcschistes et 5 de roches associées ont été analysés. Dans les talcschistes d'origine ultramafique (talcschiste à magnésite-olivine et talcschiste à trémolite), les teneurs en SiO_2 et Al_2O_3 varient respectivement de 39.32 à 59.88% et de 0.55 à 14.65%. La somme des éléments liés aux minéraux ferromagnésiens (Fe_2O_3+MgO+TiO_2) varie de 28.56 à 43.57%. Cette valeur élevée est surtout liée au MgO qui représente à lui seul entre 24.86 et 35.55%. Ceci se traduit dans le diagramme de La Roche (1965) par une position des échantillons proche du pôle magnésien. Les teneurs en Na_2O, K_2O et CaO sont nulles ou presque, toutefois celles en CaO atteint 3.02 à 10.71% dans certains échantillons, en liaison avec la présence de carbonates. La perte au feu est importante et varie de 2.79 à 18.27% liée à l'abondance du talc et des carbonates. Les teneurs en Cr sont très élevées et varient respectivement de 500 à 5496 ppm avec des valeurs concentrées autour de 2200 ppm; il en est de même des teneurs en Ni variant de 626 à 2203 ppm avec des valeurs moyennes autour de 1300 ppm. Les teneurs en Co (33 à 116 ppm) sont aussi très importantes. Ces fortes teneurs en Cr, Ni et Co sont proches de celles des minerais de talc issus de l'altération des roches ultramafiques de Timmins (Ontario), des péridotites serpentinisées de Lomié (Est Cameroun), des harzburgites et dunites des ophiolites des Alpes orientales ou des ophiolites de Turquie. Sur cette base et exception faite des talcschistes à dolomite associés aux marbres à dolomite de Henguégué, on peut dire que les protolites des talcschistes de la région de Boumnyebel étaient de nature ultramafique.

Dans les diagrammes MnO-TiO_2-P_2O_5 (Mullen, 1983) et Th-Hf-Ta (Wood et *al.*, 1979), les échantillons se situent pour la plupart dans le champ des basaltes de marge destructive. Le rapport des points dans les diagrammes Nb-Zr-Y (Meschede, 1986) et Ti-Zr-Y (d'après Pearce et Cann, 1973) montre une forte dispersion en dehors des champs identifiés. Le diagramme Ti-V (Shervais, 1982) montre que l'essentiel des échantillons tombe dans le champ des tholéiites d'arcs (fig. 28).

Tableau XI. Composition chimique en roche totale des talcschistes et roches associées.

Type pétrographique	Talcschiste									
Echantillon	**BI03**	**BI04**	**BI05**	**BI06**	**BI07**	**BI08**	**BI09**	**LP06**	**LP06bis**	**Mamb**
SiO_2 (%)	57.79	56.94	58.70	39.32	57.90	55.27	57.84	59.88	56.84	58.74
Al_2O_3	1.66	1.49	1.93	0.55	1.13	1.65	0.96	0.90	0.86	0.79
$Fe_2O_{3tot.}$	5.80	7.19	5.87	5.71	6.44	11.18	7.17	4.38	5.94	6.68
MnO	0.18	0.11	0.13	0.08	0.10	0.13	0.08	0.03	0.10	0.11
MgO	28.11	29.19	28.53	35.26	29.45	27.95	29.01	30.07	27.00	28.51
CaO	3.02	0.51	0.16	0.85	-	0.34	0.10	-	6.37	-
Na_2O	0.18	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
K_2O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TiO_2	-	0.04	0.03	-	-	-	-	-	-	-
P_2O_5	-	0.04	-	-	-	-	-	0.04	-	0.09
PF	3.66	4.19	4.88	18.27	5.07	3.68	5.13	4.67	2.92	4.78
Total	100.40	99.70	100.23	100.04	100.09	100.20	100.29	99.97	100.19	99.70
Ba (ppm)	46.97	13.36	59.62	10.60	21.82	28.00	14.87	36.54	8.90	12.50
Co	75.59	80.54	67.77	72.72	93.24	86.58	99.77	51.21	90.39	89.20
Cr	2119	2230	2253	1296	2392	2937	1814	1722	2749	3606
Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	5.89	14.89	18.52	11.39	20.04	21.83	24.11	-	82.00	25.60
Ga	2.76	2.73	3.21	1.25	3.04	2.82	2.22	2.60	1.72	2.59
Hf	-	0.04	-	-	-	0.06	-	-	-	-
Nb	0.16	0.10	0.08	0.08	-	0.12	0.10	-	0.14	-
Ni	1404	1611	1220	1846	1919	1185	2203	1040	1560	1994
Rb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr	11.18	-	-	5.64	-	-	-	17.61	13.92	-
Th	0.08	0.11	0.06	-	0.04	0.07	-	0.02	0.04	-
U	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.15	-	0.07	0.03	-
V	31.78	44.67	23.43	10.32	31.07	34.07	9.69	13.26	28.43	-
Y	3.13	10.20	1.40	112.10	2.37	10.96	7.72	4.96	3.39	0.68
Zn	57.27	70.58	57.25	72.79	69.42	78.61	86.83	85.18	76.86	59.80
Zr	-	-	-	-	-	2.33	-	-	-	0.86
La	3.02	23.93	1.34	22.57	0.87	3.38	5.60	64.88	3.00	0.46
Ce	24.78	2.35	183.10	0.47	0.93	59.81	28.49	46.51	2.27	4.38
Pr	0.94	6.44	0.63	2.40	0.15	1.49	1.87	11.64	0.70	0.14
Nd	3.63	24.41	2.41	11.05	0.65	6.20	7.13	36.41	2.73	0.51
Sm	0.98	4.21	0.72	2.15	0.16	2.07	2.03	5.57	0.52	0.11
Eu	0.24	0.89	0.17	0.70	0.07	0.58	0.50	1.10	0.17	-
Gd	0.83	2.95	1.08	6.45	0.23	2.26	1.62	3.11	0.51	-
Tb	0.16	0.44	0.11	0.69	0.04	0.46	0.35	0.47	0.08	0.02
Dy	0.96	2.47	0.64	3.87	0.26	3.22	2.31	2.24	0.44	0.10
Ho	0.18	0.44	0.11	1.01	0.06	0.68	0.43	0.30	0.09	0.02
Er	0.52	1.21	0.35	2.27	0.19	2.24	1.30	0.67	0.25	0.07
Tm	0.09	0.18	0.06	0.16	0.03	0.39	0.24	0.08	0.03	0.01
Yb	0.73	1.17	0.55	0.39	0.21	2.83	2.02	0.44	0.21	0.10
Lu	0.11	0.18	0.08	0.06	0.04	0.45	0.29	0.05	0.03	0.03

Tableau XI (suite). Composition chimique en roche totale des talcschistes et roches associées.

Type	Talcsch. à mgn-ol	Talcschiste												
Ech.	**08.03**	**NG01**	**NG03**	**NG03bis**	**NG04**	**NG05**	**NG06**	**NG07**	**NG08**	**NG09**	**NG12**	**MB1**	**MB2**	**MB3**
SiO_2 (%)	52.19	58.08	57.04	58.61	59.72	57.17	58.18	59.82	59.55	58.18	57.74	55.86	39.68	47.66
Al_2O_3	1.15	1.13	0.86	0.85	1.39	1.43	1.08	1.47	1.18	0.95	0.80	1.56	2.11	6.42
$Fe_2O_{3tot.}$	6.11	6.02	3.70	6.31	5.26	7.01	6.08	5.32	5.05	6.30	6.49	4.62	6.32	6.35
MnO	0.06	0.14	0.05	0.05	0.05	0.23	0.15	0.06	0.03	0.11	0.09	0.16	0.08	0.14
MgO	33.38	28.11	24.86	29.47	29.09	30.73	29.75	28.73	29.53	29.10	31.84	26.48	35.55	25.83
CaO	0.17	3.25	10.71	-	0.15	0.76	2.05	-	-	-	0.31	8.61	0.12	7.99
Na_2O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	-	0.38
K_2O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TiO_2	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.03	0.03	0.06
P_2O_5	0.06	0.11	-	-	0.04	0.05	0.06	-	0.03	-	-	0.03	0.04	0.05
PF	7.11	2.91	2.59	5.12	4.69	3.03	3.13	4.68	4.61	4.86	2.79	3.47	15.46	5.65
Total	100.23	99.75	99.81	100.41	100.39	100.41	100.48	100.08	99.98	99.50	100.06	100.91	99.38	100.51
Ba (ppm)	3.27	20.84	3.94	6.91	13.41	29.13	38.17	-	-	-	7.99	7.62	3.11	-
Co	98	48.10	33.02	82.34	72.89	116.20	67.79	57.03	68.93	80.29	61.51	114.20	83.08	65.10
Cr	2752	1922	850	2100	1900	1808	1920	3243	2075	2255	2139	838	1946	1498
Cs	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	23	7.23	-	22.02	-	17.15	8.88	25.77	-	5.87	9.23	34.60	53.23	13.49
Ga	3	3.41	3.12	3.29	2.56	2.92	3.21	2.99	2.17	2.87	2.45	2.30	3.32	5.27
Hf	-	-	0.14	-	-	-	0.05	-	-	-	-	0.05	-	0.13
Nb	0	0.13	0.47	0.11	-	0.15	0.10	-	-	0.07	-	-	-	0.17
Ni	1810	935	626	1863	1685	1050	1141	1287	1668	1713	1122	948	1783	1438
Rb	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr	-	4.68	36.51	-	-	-	2.92	-	-	3.21	-	19.17	-	31.57
Th	0.1	0.09	0.30	0.10	0.03	0.10	0.08	0.04	-	0.08	0.03	0.06	0.03	0.13
U	-	0.09	0.18	0.07	0.04	0.08	0.07	0.02	0.04	0.04	0.06	0.03	-	0.03
V	20.82	30.67	26.08	28.90	22.08	18.51	25.59	21.71	19.74	24.70	20.87	23.09	28.92	45.47
Y	-	9.87	4.01	3.03	2.18	1.29	38.60	-	0.51	2.93	2.82	11.32	0.33	11.58
Zn	45	65.82	30.83	56.97	79.83	87.99	89.35	103.10	87.77	51.52	60.68	43.76	41.06	59.89
Zr	-	-	4.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00
La	0.07	19.06	3.89	2.74	1.05	0.94	87.15	0.10	0.50	0.48	1.12	0.75	-	0.64
Ce	0.16	4.71	2.23	1.08	21.40	23.46	12.10	0.21	4.99	0.18	6.91	15.19	-	2.61
Pr	0.02	5.59	0.96	0.63	0.35	0.28	21.52	0.04	0.22	0.08	0.33	0.54	-	0.54
Nd	0.08	20.33	3.56	2.41	1.47	1.04	77.83	0.15	0.85	0.35	1.26	3.28	0.07	3.33
Sm	0.02	3.67	0.67	0.47	0.54	0.26	13.18	0.04	0.25	0.12	0.33	1.34	0.01	1.25
Eu	0.01	0.81	0.17	0.12	0.13	0.07	2.77	-	0.05	0.05	0.08	0.32	-	0.30
Gd	-	2.40	0.66	0.42	0.58	0.29	9.31	0.03	0.19	0.25	0.36	1.84	0.02	1.61
Tb	-	0.40	0.10	0.07	0.11	0.04	1.47	-	0.03	0.04	0.07	0.33	-	0.29
Dy	0.02	2.22	0.64	0.43	0.68	0.25	7.94	0.03	0.21	0.31	0.44	2.16	0.04	1.88
Ho	0.01	0.40	0.13	0.08	0.13	0.05	1.41	-	0.04	0.07	0.09	0.43	-	0.40
Er	0.02	1.07	0.34	0.25	0.40	0.16	3.73	0.02	0.11	0.20	0.30	1.16	0.05	1.16
Tm	-	0.16	0.05	0.04	0.07	0.03	0.53	-	0.02	0.03	0.05	0.17	0.01	0.17
Yb	0.02	1.05	0.28	0.25	0.53	0.20	3.35	0.03	0.17	0.15	0.34	1.07	0.12	1.16
Lu	-	0.15	0.04	0.04	0.09	0.03	0.47	-	0.03	0.02	0.05	0.14	0.03	0.17

Tableau XI (suite). Composition chimique en roche totale des talcschistes et roches associées.

Type	Talcschiste													Talcsch. à dolomite
Echantillon	**LB1**	**ME1**	**ME1bis**	**ME3**	**ME5**	**BA1**	**NB7**	**NB8**	**NS3**	**NS4**	**PK16**	**PK20**	**1GG**	**HE2**
SiO_2 (%)	58.05	50.92	36.91	50.93	55.66	51.25	37.88	58.76	39.60	48.49	55.13	55.00	59.14	44.93
Al2O3	1.33	5.53	14.65	6.25	2.37	5.09	1.54	1.88	12.30	3.22	4.05	4.29	1.18	2.08
$Fe_2O_{3tot.}$	7.84	9.25	10.73	7.47	7.37	7.84	7.54	4.68	11.18	9.50	5.76	6.06	5.73	5.41
MnO	0.09	0.05	0.10	0.05	0.04	0.14	0.12	0.02	0.12	0.10	0.03	0.04	0.08	0.06
MgO	28.08	28.09	27.27	28.14	28.85	24.27	33.69	29.59	26.45	31.28	29.46	28.88	27.54	27.38
CaO	0.05	-	0.23	-	-	7.54	1.41	-	0.77	0.13	-	-	1.09	4.94
Na_2O	-	-	-	-	-	0.20	-	-	-	-	-	-	0.06	0.00
K_2O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
TiO_2	0.04	0.20	0.32	0.26	0.08	0.12	0.02	0.01	0.49	0.15	0.12	0.19	-	0.02
P_2O_5	0.05	0.07	0.21	0.05	0.04	0.03	0.05	0.04	0.59	0.08	0.04	0.03	0.08	0.05
PF	4.61	6.35	9.24	6.50	5.36	4.45	17.10	5.31	8.37	7.37	5.92	5.93	4.35	13.60
Total	100.14	100.45	99.64	99.64	99.76	100.93	99.34	100.30	99.87	100.33	100.51	100.42	99.25	98.47
Ba (ppm)	11.44	3.04	12.47	51.83	-	6.52	-	-	9.74	9.77	-	-	16.40	-
Co	81.19	63.94	87.78	90.91	56.21	67.64	81.91	61.65	87.61	86.17	58.06	82.04	99.70	93
Cr	2361	2485	574	2849	2203	2944	2816	2306	5496	3502	2575	2273	3597	2971
Cs	-	-	-	-	-	-	0.16	-	0.30	-	-	-	-	0.7
Cu	10.74	53.15	12.35	5.26	37.68	3.71	40.10	10.74	23.27	48.55	81.30	7.22	-	4
Ga	3.67	8.90	18.36	7.26	5.14	8.03	2.39	3.86	22.08	6.36	5.76	6.53	2.16	3
Hf	0.05	0.29	1.77	0.44	0.16	0.12	-	0.03	0.59	0.48	0.25	0.27	-	0
Nb	-	0.16	6.15	0.39	0.16	0.74	0.19	-	5.37	0.51	0.68	1.80	-	-
Ni	1686	1701	826	1476	1780	1473	1775	1251	1933	1035	1744	2063	2050	2087
Rb	-	-	-	-	-	-	-	-	2.21	-	-	-	-	1
Sr	-	-	11.84	15.12	-	47.54	8.46	-	6.13	1.58	-	-	-	101
Th	0.04	0.02	2.64	0.06	0.33	0.03	0.03	0.02	0.30	0.22	0.02	0.03	0.10	-
U	0.11	0.03	0.31	0.17	1.17	0.05	0.03	0.01	0.53	0.05	0.14	0.74	-	-
V	43.88	113.40	97.05	88.70	51.72	68.52	47.40	24.99	125	46.08	55.58	55.53	-	48.25
Y	1.79	5.31	26.05	1.91	0.64	7.31	0.69	-	43.81	2.39	0.21	5.20	0.51	3
Zn	67.33	118.40	123.60	93.68	84.39	60.13	47.11	60.87	155.5	97.47	79.50	93.56	268.0	45
Zr	1.60	10.39	73.57	14.70	4.75	3.11	-	-	21.73	19.85	8.05	10.08	-	4
La	1.65	23.71	104.80	30.33	1.81	1.54	0.17	-	40.18	1.60	0.26	42.85	0.28	0.28
Ce	10.23	11.67	97.83	30.25	0.40	2.49	0.40	0.17	11.81	3.22	0.14	8.02	16.00	0.72
Pr	0.50	4.78	21.86	6.67	0.38	0.56	0.05	-	7.63	0.43	0.05	12.97	0.11	0.12
Nd	2.09	18.72	79.49	22.44	1.59	2.79	0.18	0.06	30.32	1.95	0.17	40.43	0.43	0.65
Sm	0.46	2.84	11.62	3.23	0.33	0.99	0.05	0.02	5.92	0.46	0.04	6.18	0.08	0.23
Eu	0.11	0.69	2.88	0.69	0.10	0.22	-	-	0.98	0.02	-	1.46	-	0.12
Gd	0.40	1.78	7.90	1.56	0.28	1.09	0.05	0.01	6.62	0.46	0.05	2.72	0.17	0.33
Tb	0.07	0.21	1.16	0.23	0.04	0.20	0.01	-	1.05	0.07	-	0.42	0.01	0.06
Dy	0.38	1.11	6.19	1.05	0.20	1.30	0.09	0.02	6.41	0.42	0.05	1.89	-	0.44
Ho	0.07	0.21	1.10	0.14	0.03	0.26	0.03	-	1.32	0.09	-	0.25	0.02	0.10
Er	0.21	0.60	3.01	0.32	0.09	0.72	0.08	0.01	3.60	0.24	0.03	0.61	0.05	0.30
Tm	0.04	0.09	0.43	0.04	0.01	0.11	0.02	-	0.50	0.03	0.01	0.08	0.01	0.05
Yb	0.25	0.59	2.82	0.23	0.09	0.74	0.12	0.02	3.16	0.23	0.04	0.49	0.07	0.31
Lu	0.04	0.09	0.40	0.03	0.01	0.10	0.02	-	0.47	0.04	0.01	0.06	0.02	0.05

Tableau XI (suite). Composition chimique en roche totale des talcschistes et roches associées.

Type pétrographique	Marbre à dolomite	Chloritoschiste à dolomite	Marbre à hornblende et grenat	Serpentinite à talc	
Echantillon	**HE4**	**HE8**	**HE5**	**ME4**	**ME4 bis**
SiO_2 (%)	29.22	30.00	11.40	40.99	39.99
Al_2O_3	1.78	13.89	1.43	4.28	4.07
Fe_2O_{3tot}	5.95	9.79	5.06	10.40	10.47
MnO	0.15	0.06	0.21	0.11	0.13
MgO	25.37	28.51	25.26	32.36	33.03
CaO	11.55	0.75	18.07	0.84	1.40
Na_2O	0.00	0.00	0.00	0.00	-
K_2O	0.00	0.00	0.00	0.00	-
TiO_2	0.23	1.57	0.02	0.07	0.07
P_2O_5	0.04	0.38	0.05	0.05	0.06
PF	25.16	14.02	38.18	10.50	11.34
Total	99.44	98.97	99.67	99.61	100.56
Ba (ppm)	6.43	3.17	-	223	91.67
Co	55	78	42	95.17	107.30
Cr	1371	626	854	2709	2668
Cs	0.6	0.4	-	-	-
Cu	-	7	12	9.13	23.03
Ga	2	11	2	5.19	4.88
Hf	1	2	-	0.11	0.06
Nb	0	2	-	0.30	0.29
Ni	875	490	517	1783	1998
Rb	1	1	-	-	-
Sr	290	9	563	13.97	19.32
Th	-	0.1	-	0.44	0.45
U	0.2	0.1	-	0.13	0.18
V	35.18	184	24.44	85	80.10
Y	8	11	8	4.03	3.93
Zn	35	63	18	92.15	82.08
Zr	30	69	-	3.36	2.21
La	0.83	0.60	1.18	1.95	1.27
Ce	1.93	2.19	3.00	2.41	1.43
Pr	0.31	0.45	0.47	0.34	0.19
Nd	1.68	2.95	2.41	1.22	0.70
Sm	0.63	1.33	0.83	0.24	0.17
Eu	0.29	0.20	0.46	0.08	0.05
Gd	0.93	1.94	1.14	0.35	0.29
Tb	0.17	0.34	0.20	0.07	0.05
Dy	1.22	2.24	1.33	0.49	0.40
Ho	0.28	0.45	0.28	0.12	0.10
Er	0.85	1.21	0.82	0.37	0.31
Tm	0.13	0.15	0.12	0.06	0.05
Yb	0.84	0.90	0.77	0.42	0.36
Lu	0.12	0.13	0.12	0.08	0.06

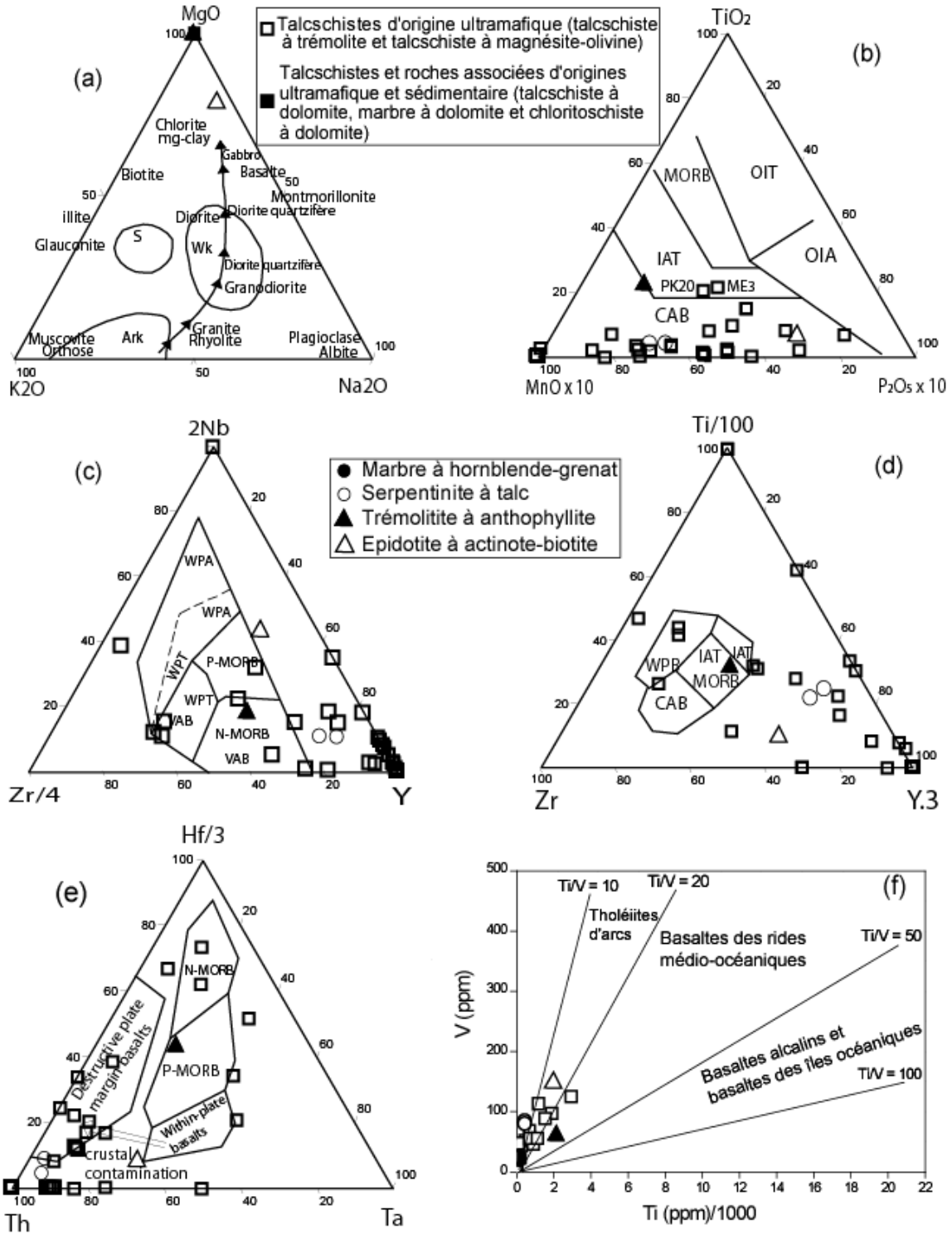


Figure 28. Diagrammes chimiques pour les talcschistes, serpentinites à talc, trémolitite à anthophyllite et épidotite à actinote-biotite de la région de Boumnyebel. (a) K2O-MgO-Na2O (de La Roche, 1965) ; sont indiquées les positions de quelques minéraux, des principales roches plutoniques et sédimentaires (Sh: shales; Gwk: grauwackes; Ark: arkoses). (b) (c) (d) et (e) Diagrammes géotectoniques TiO_2-MnO-P_2O_5 (d'après Mullen, 1983), 2Nb-Zr/4-Y (d'après Meschede, 1986) et Ti/100-Zr-Y.3 (d'après Pearce et Cann, 1973), Hf/3-Th-Ta (d'après Wood et *al.*, 1979) ; OIT: oceanic island tholeiite; OIA: oceanic island alkalic basalt; IAT: island arc tholeiite; MORB: mid-ocean ridge basalt; N-MORB: normal MORB; P-MORB: plume MORB; CAB: island arc calco-alkaline basalt; VAB: volcanic arc basalt; WPB: within-plate basalts; WPA: within plate-alkalic; WPT: within-plate tholeiite. (f) Ti-V (Shervais, 1982), les rapports Ti/V constants sont représentés par les lignes droites.

Les talcschistes et roches associées contenant des carbonates ou associés aux marbres (talcschiste d'origines ultramafique et sédimentaire: talcschiste à dolomite, Marbre à dolomite et Chloritoschiste à dolomite) ont des teneurs en éléments majeurs fondamentalement différentes de celles des talcschistes d'origine ultramafique (talcschiste à trémolite et talcschiste à magnésite-olivine). Les teneurs en SiO_2 et Al_2O_3 varient respectivement de 29.22 à 44.93% et de 1.78 à 13.89% et ne sont pas différentes de celles des autres talcschistes. Le pourcentage en Fe_2O_3+MgO+TiO_2 est compris entre 31.54 et 39.87%. Dans le diagramme de La Roche (1965) ils se situent tous au pôle magnésien. Les teneurs en alcalins sont nulles. Le taux de CaO varie de 0.75 à 11.55%. La perte au feu varie de 13.60 à 25.16%. Les teneurs en Cr (626-2971ppm), Ni (490-2087ppm) et Co (55-93) sont élevées comme dans le cas des talcschistes d'origine ultramafiques. Il est possible de distinguer deux groupes sur la base des teneurs en CaO et Cr : le groupe 1 constitué des talcschistes ayant des teneurs en CaO < 4% et en Cr > 1000 ppm, et le groupe 2 avec des teneurs en CaO > 4% et en Cr < 1000 ppm. Il est probable que les teneurs modérées en CaO et élevées en Cr, Ni et Co du groupe 1 soient liées à la présence de pyroxènes calciques. Les talcschistes de Henguégué associés à un niveau de marbre à dolomite appartiendraient au second groupe. L'échantillon HE5 qui contient 11.40% de SiO_2, 1.43% de Al_2O_3, avec une somme Fe_2O_3+MgO+TiO_2 de 30.33% et une perte au feu très élevée (38.18%) correspond au marbre à hornblende et grenat. Les teneurs en Cr (854 ppm), Ni (517 ppm), et Co (42 ppm) sont les plus basses teneurs connues de ce groupe de roche. Cet échantillon est essentiellement constitué de dolomite et de minéraux ferromagnésiens.

Les serpentinites à talc associées aux talcschistes à trémolite de Memel ont des caractéristiques chimiques proches de celles des talcschistes dont elles dérivent : teneurs en SiO_2 et Al_2O_3 respectivement de 39.99-40.99% et de 4.07-4.28%, somme des éléments Fe_2O_3+MgO+TiO_2 de 37.71-38.32%, CaO faible (0.84 à 1.40%) et absence d'alcalins. Les teneurs élevées en Cr (2668-2709 ppm), Ni (1783-1998 ppm) et Co (95.17-107.30 ppm) soulignent leur nature ultramafique. L'échantillon de trémolitite à anthophyllite montre également une nette parenté avec les talcschistes dont il dérive probablement : 48.13% de SiO_2 et 5.18% de Al_2O_3, somme Fe_2O_3+MgO+TiO_2 de 35.49%, presque pas d'alcalins et CaO de 5.12%. Les teneurs en Cr (2521 ppm), Ni (1149 ppm) et Co (97.09) sont assez élevées et semblables à celles des talcschistes et serpentinites à talc (tab. XI).

Enfin, l'échantillon d'épidotite à actinote-biotite se distingue des roches précédentes par des teneurs en SiO_2, Al_2O_3 et CaO plus élevées (51.13%, 16.20% et 16.13%). A l'inverse, la

somme des éléments liés aux minéraux ferromagnésiens est plus faible (Fe_2O_3+MgO+TiO_2 = 10.77%, Cr = 123 ppm), Ni = 50 et Co = 13.65 ppm). Ces teneurs ne sont pas celles d'une roche d'origine ultramafique, mais suggèreraient plutôt une origine à partir de sédiments carbonatés (roches à silicates calciques).

Les spectres des terres rares des talcschistes d'origine ultramafique (Bibodi Lamal, Lamal Pougué, Ngoung, Memel, Pout Kellé, Nsimé-Kélé, Mbanga et Mbonga) s'étendent entre 2 et 100 fois la chondrite. Exceptionnellement, certains échantillons sont inférieurs à 1 fois la chondrite. Ces talcschistes ont en commun une anomalie très marquée en Ce, majoritairement négative, mais aussi positive dans plusieurs échantillons. Ils montrent en majorité une anomalie négative en Eu. Les spectres sont fractionnés avec un enrichissement variable en terres rares légères par rapport aux terres rares lourdes (fig. 29a-e). Globalement ils ne sont pas sans évoquer les spectres des autres roches mafiques et ultramafiques de la région de Boumnyebel. Seuls les spectres des talcschistes liés au marbre à dolomite de Henguégué présentent des spectres plats (fig. 29f). Nous détaillons ci-dessous quelques caractéristiques des spectres par grands gisements.

Les spectres des terres rares des talcschistes à trémolite de Bibodi Lamal (fig. 29a) sont assez homogènes, peu fractionnés ($0.81 \leq La_N/Yb_N \leq 2.82$), exceptés les échantillons BI04 et BI06 où le rapport La_N/Yb_N atteint respectivement 13.88 et 39.11. Les terres rares légères ($1.02 \leq La_N/Sm_N \leq 3.55$) sont plus fractionnées que les terres rares lourdes ($0.64 \leq Gd_N/Yb_N \leq 2.04$). En dehors de l'échantillon BI07 qui présente une faible anomalie positive (Eu/Eu*=1.09) en Eu, tous les autres montrent plutôt une anomalie négative ($0.58 \leq Eu/Eu^* \leq 0.85$). Quatre échantillons ont une forte anomalie positive et trois, une forte anomalie négative en Ce ($2.13 \leq Ce/Ce^* \leq 48.10$ et $0.02 \leq Ce/Ce^* \leq 0.63$). Concernant les talcschistes à trémolite et à magnésite-olivine de Lamal Pougué, un échantillon est assez proche de ceux de Bibodi (LP06bis), les autres se distinguent soit par un fort fractionnement (LP06 : La_N/Yb_N=101.32), soit par des teneurs en terres rares très basses et des spectres plats (Mamb, 08.03 ; fig. 29a).

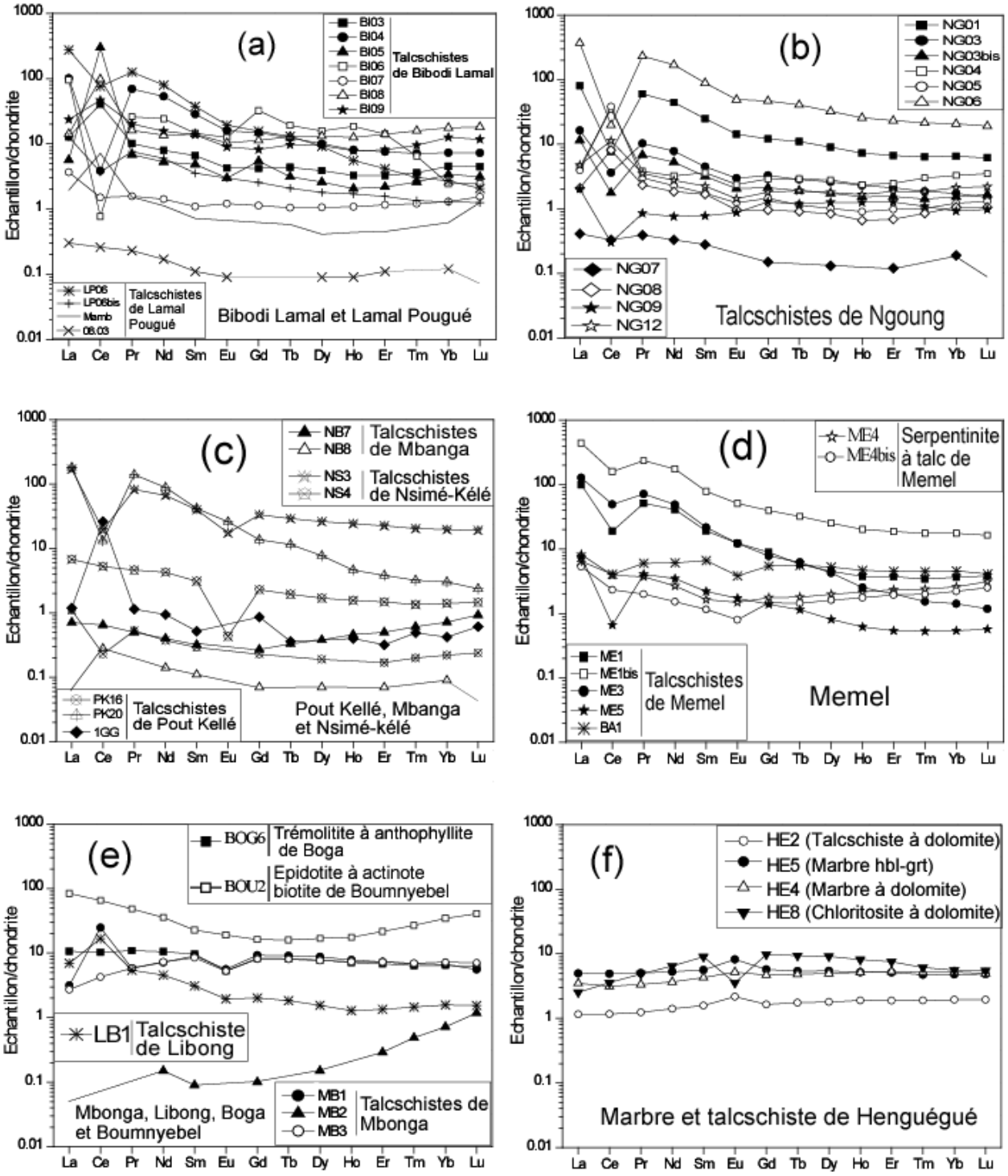


Figure 29. Spectres des terres rares des talcschistes et roches associées de la région de Boumnyebel. (a) Bibodi Lamal et Lamal Pougué; (b) Ngoung; (c) Pout-Kellé, Mbanga et Nsimé-Kellé; (d) Memel; (e) Marbre à dolomite de Henguégué; (f) roches associées aux talcschistes (Boga et Boumnyebel) et talcschistes de Libong. Normalisation selon McDonough et Sun (1995)

Les spectres de terres rares des talcschistes de Ngoung (fig. 29b) sont semblables à ceux de l'ensemble précédent, spectres plats à très faible teneur, moyennement fractionnés ($1.35 \leq La_N/Yb_N \leq 17.69$), avec un faible enrichissement en terres rares légères ($1.22 \leq La_N/Sm_N \leq 4.13$) par rapport au terres rares lourdes ($0.78 \leq Gd_N/Yb_N \leq 2.25$). Ils ont tous une faible anomalie négative en Eu ($0.71 \leq Eu/Eu^* \leq 0.87$). Certains échantillons (4) sont marqués par une forte anomalie positive en Ce ($2.76 \leq Ce/Ce^* \leq 11.11$) et d'autres (6) par une forte anomalie négative ($0.07 \leq Ce/Ce^* \leq 0.84$).

Les talcschistes de Mbanga, Nsimé-Kellé et Pout Kellé (fig. 29c) ont des spectres hétérogènes, la plupart sont plats, avec de faibles teneurs en terres rares et montrant une légère concavité vers le haut (par ex. NB7 : $La_N/Yb_N=0.99$). Les spectres de terres rares des talcschistes de Memel sont aussi hétérogènes ; il existe un groupe à spectre plat (notamment les serpentinites à talc: $2.42 \leq La_N/Yb_N \leq 3.17$) et un groupe montrant de forts fractionnements (La_N/Yb_N jusqu'à 89.97). Tous les spectres présentent une anomalie négative en Eu ($0.64 \leq Eu/Eu^* \leq 0.99$) et en Ce ($0.12 \leq Ce/Ce^* \leq 0.65$). Les spectres des terres rares des talcschistes de Mbonga ($0.38 \leq La_N/Yb_N \leq 0.47$) et de Libong ($La_N/Yb_N=4.44$), ainsi que les trémolitites à anthophyllite de Boga et Boumnyebel ($La_N/Yb_N=1.65$) sont plats à concavité vers le haut comme ceux des autres gisements décrits ci-dessus. Ils présentent aussi une forte anomalie négative en Eu et positive en Ce (Mbonga : $0.61 \leq Eu/Eu^* \leq 0.64$; $1.07 \leq Ce/Ce^* \leq 5.79$; Libong : $Eu/Eu^*=0.78$; $Ce/Ce^*=2.71$).

Enfin, les talcschistes à dolomite et chloritoschiste à dolomite associés aux marbres à dolomite de Henguégué montrent des spectres très peu fractionnés ($0.46 \leq La_N/Yb_N \leq 0.68$). Les échantillons HE2 et HE4 montrent une anomalie positive significative en Eu ($1.16 \leq Eu/Eu^* \leq 1.35$) alors que l'échantillon HE8 montre plutôt une forte anomalie négative en Eu ($Eu/Eu^*=0.38$) (fig. 29f).

Les spectres multiélémentaires des talcschistes de l'ensemble des gisements sont hétérogènes (fig. 30). Ils montrent cependant quelques caractéristiques communes, à quelques échantillons près. Celles-ci sont : (i) une anomalie positive en Ba, U, Pb et (ii) une anomalie négative en Nb et Ta comme dans la plupart des autres roches mafiques et ultramafiques de la région. La dispersion assez forte de ces spectres peut vraisemblablement être attribuée à des modifications ultérieures à la formation de ces roches (altération, métamorphisme). Leur signification est donc assez limitée.

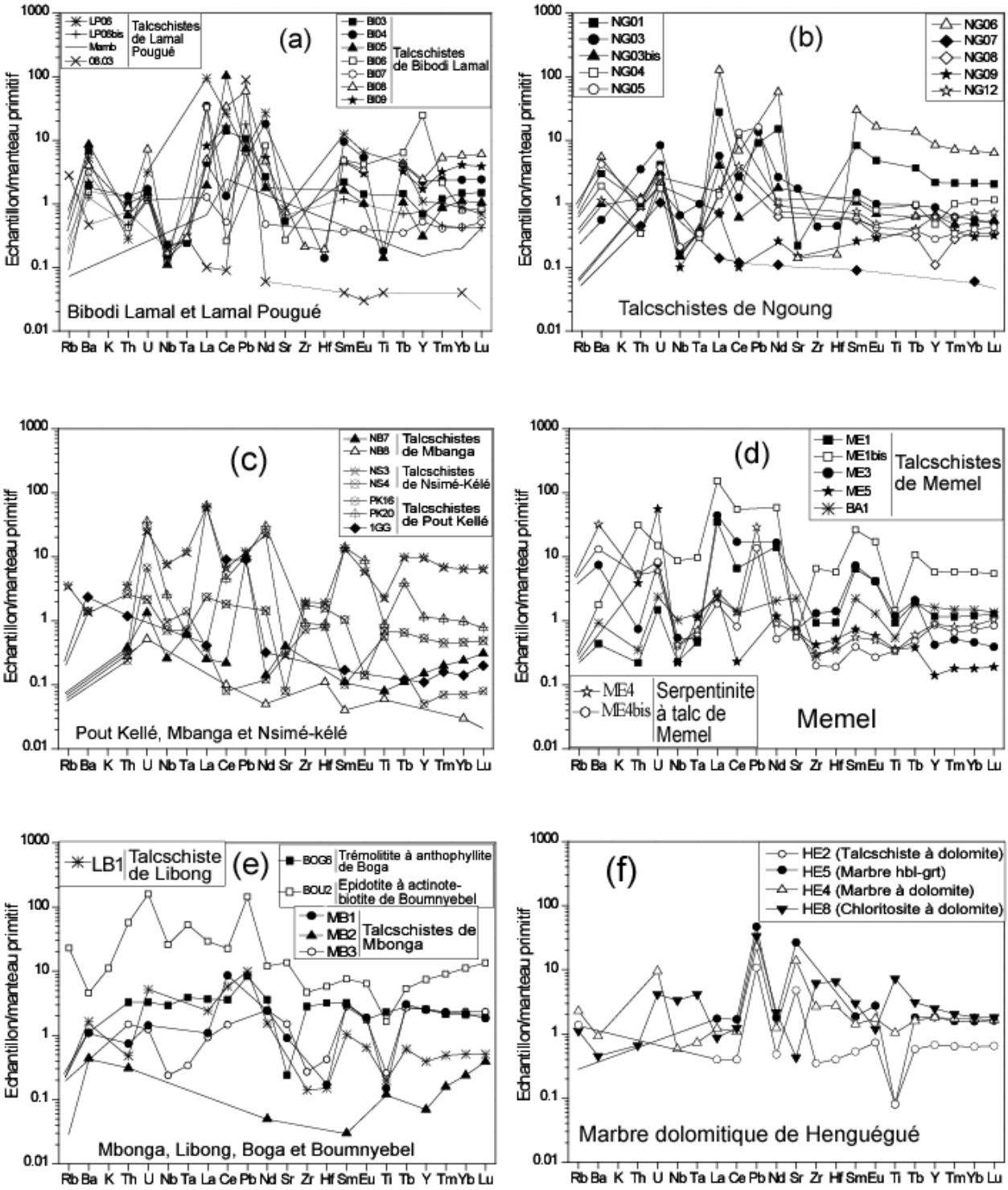


Figure 30. Spectres multiélémentaires des talcschistes et roches associées de la région de Boumnyebel (normalisation selon Sun et McDonough, 1989).

II.2.4. Micaschistes et roches associées (Panafricain)

Cet ensemble comprend les micaschistes à grenat, micaschistes à grenat-chlorite, micaschistes à grenat-disthène et les migmatites à grenat-disthène. A cet ensemble s'ajoutent quelques niveaux sporadiques de gneiss à biotite, de grenatites à anthophyllite, de biotitites à grenat, de biotitites à calcite, d'épidotites à actinote-biotite et de quartzites, ainsi que des sills de métagranites.

II.2.4.1 Micaschistes à grenat et micaschistes à grenat-chlorite

Plusieurs variétés peuvent être distinguées en fonction de la proportion de quartz mais aussi selon la nature et les proportions des micas (biotite, chlorite) et d'épidote. Les micaschistes à grenat constituent l'essentiel de la pile métasédimentaire et les micaschistes à grenat-chlorite représentent des faciès limités en abondance et localisés au sud de la carte à proximité du contact avec les formations paléoprotérozoïques. Ces micaschistes (à grenat et à grenat-chlorite) contiennent d'autres types lithologiques de faibles abondances qui seront décrits plus loin.

Les micaschistes à grenat ─ Ce sont les formations panafricaines qui couvrent l'essentiel de la zone d'étude. Au sud de la carte, ils reposent par l'intermédiaire d'un contact anormal sur les orthogneiss à grenat du socle Paléoprotérozoïque. Au sud-ouest, ils sont séparés des amphibolites et talcschistes par des failles. Au nord-ouest, ils s'enfoncent sous les micaschistes à grenat-disthène et les migmatites à grenat-disthène et sont aussi séparés de ces derniers par une faille orientée NNW-SSE. Au nord-est, ils se situent aussi sous les micaschistes à grenat-disthène. Ils y sont recoupés par des sills granitiques (métagranites) parallèles à la schistosité et orientés NW-SE. Ils affleurent en blocs et/ou dalles métriques à plurimétriques dans les lits des cours d'eau qui serpentent entre les localités de la région de Boumnyebel. Dans la plupart des affleurements, notamment dans la tranchée routière de Mbanga, au sud-est du massif de Ngog Bassong, dans le massif de Mambé et au nord-est de Boumnyebel, la surface composite S0/S1 est matérialisée par l'intercalation dans les micaschistes à grenat de niveaux quartzitiques ou d'amphibolites à grenat. Les teneurs en quartz sont variables, certains faciès de micaschistes étant fortement quartzitiques. Des exemples sont cités ci-dessous. La description microscopique est donnée dans le tableau XII.

Le massif de Ngog Bassong, situé au nord-ouest du secteur d'étude (sud de la localité de Ngog Bassong), culmine à environ 620 m d'altitude. Il montre des parois subverticales (environ 200 m) sur environ 750 m suivant le grand axe (NS) et sur 500 m suivant le petit axe (EW). Il est constitué de micaschistes à grenat à intercalation de lentilles de quartzite. Les lentilles de quartzite très fréquentes, sont régulières, parallèles entre elles, épaisses du millimètre au centimètre (20 cm), discontinues et longues de quelques millimètres à plusieurs mètres (3 m). Elles sont mises en relief par l'érosion différentielle. Ces lits de quartzite peuvent être microplissés.

Sur une colline au sud de Pout Kellé, les micaschistes à grenat montrent un rubanement lithologique caractérisé par l'alternance de lits sombres, riches en biotite et grenat, et de lits clairs, riches en quartz. Des plis intrafoliaux accompagnent une forte transposition d'une première surface (S0/S1). Certains plis montrent des charnières disharmoniques.

Dans la carrière de Mapan sont observés des micaschistes à grenat riches en biotite et quartz. Les lits de quartz, d'épaisseur moyenne 2 mm, sont en rubans dans la schistosité. Des niveaux quartzitiques, peu micacés (muscovite), épais d'environ 2 m, sont observés dans ces micaschistes à grenat. Ces micaschistes reposent sur les orthogneiss paléoprotérozoïques.

Les micaschistes à grenat-chlorite ─ Ils affleurent au Sud de Boga en blocs sur des amphibolites à grenat, et à Limoug Lihog en dalles sur les orthogneiss paléoprotérozoïques. Ils sont riches en muscovite et chlorite, et sont quasiment sans biotite. Au Sud de Boga, ils sont très quartzitiques. A Limoug Lihog, ils contiennent de nombreuses baguettes d'épidote très allongées (jusqu'à 3 cm), de couleur bleuâtre. Les cristaux de grenat y sont assez développés (Ø $\leq$ 1.5 cm). Ces micaschistes à grenat-chlorite (tab. XII) n'ont pas été différenciés sur la carte des micaschistes à grenat parce que la chlorite est issue de la rétromorphose de la biotite.

II.2.4.2. Micaschistes à grenat-disthène et migmatites à grenat-disthène

Les micaschistes à grenat-disthène ─ Ils constituent en particulier le massif de Mambé au nord-ouest de la carte, mais affleurent également au nord-est à proximité de la localité de Henguégué. Au nord du massif de Mambé, ils recouvrent les migmatites alors qu'au Sud ils recouvrent les micaschistes à grenat. Ce massif de Mambé culmine à 718 m d'altitude. Il est

très abrupt sur le versant est et s'étend de l'ouest de Boga jusqu'au nord de Ham, soit sur environ 14 km de long et 2 km de large. Des veines de quartz sont sécantes sur le rubanement lithologique souligné par l'alternance de bancs de micaschistes à grenat-disthène et de lits pluricentimétriques (2 à 14 cm) de quartzite. Des niveaux décimétriques à plurimétriques d'amphibolite à grenat soulignent également la surface S0/S1. Les micaschistes à grenat-disthène sont caractérisés par la grande taille des cristaux de grenat (Ø ≤ 2.5 cm) et de disthène (6.5 cm de long). Grenat et disthène sont généralement moulés par les micas. Les cristaux de rutile prélevés dans les alluvions sont automorphes à subautomorphes, assez abondants et de grande taille (≤ 7x5 cm). A noter enfin dans la partie centrale de la carte, quatre affleurements (Boumnyebel, Omog, Mamb Sud, Tayap) montrant quelques blocs altérés de micaschistes à grenat et disthène. Il est probable qu'ils correspondent à des produits résiduels d'altération et d'érosion sans transport significatif que corrobore la présence fréquente de cristaux de disthène dans les sols de la région de Lamal Pougué, sol (autochtone) reposant sur les micaschistes à grenat. La description microscopique est donnée dans le tableau XII. Seuls les minéraux présentant des particularités sont décrits.

Les migmatites à grenat-disthène ─ Elles affleurent uniquement à l'extrême nord-ouest du secteur d'étude. Elles sont recouvertes au sud de micaschistes à grenat-disthène. A l'est, elles sont séparées des micaschistes à grenat par une faille. Ce sont des dalles plurimétriques qui forment l'essentiel des collines des localités de Bomb et Maboyé. A Bomb, la distinction entre la restite (à biotite+grenat+disthène) et le leucosome quartzofeldspathique est assez nette. Deux schistosités ont été observées, la plus ancienne (N40°E 45°SE) est restreinte à la restite, l'autre se développe préférentiellement dans les parties les plus leucocrates (N73°E 28°SSE). La linéation est marquée par la biotite (N36°E 8°NE) et le disthène (N43°E 13°SW). Les lits quartzofeldspathiques ont une épaisseur maximale centimétrique. Ils sont réguliers, souvent étirés et parfois interrompus par des cristaux de grenat très développés. La biotite est le phyllosilicate majeure de ces faciès. Le disthène se situe dans la restite, non pas dans le leucosome, ce qui distingue ces roches de celles de Yaoundé où le disthène est dans la restite et le leucosome (Barbey et *al.*, 1990). La description microscopique est donnée dans le tableau XII.

Tableau XII. Description microscopique des micaschistes et roches associées.

Type pétrographique	Minéralogie et structure
Micaschiste à grenat	Minéraux essentiels : quartz (35-45%), plagioclase (20-25%), muscovite (5-10%), grenat (5-15%), biotite (10-20%), calcite (0-2%), graphite (1%) Minéraux accessoires : épidote, chlorite, oxydes, rutile, apatite, zircon, monazite, tourmaline Texture : La texture est lépidopœciloblastique hétérogranulaire. Le quartz se présente en cristaux plus au moins engrenés. Les micas se présentent en lamelles marquant la schistosité. Cette dernière est matérialisée par la superposition des rubans discontinus polycristallins, riches en quartz, et de lits de micas auxquels sont souvent associé la calcite, le rutile et l'apatite. La schistosité est également soulignée par l'étirement du quartz. La biotite peut aussi se développer dans les ombres de pression par rétromorphose du grenat. Le grenat se présente surtout en poeciloblastes de taille comprise entre 1.75x2.25 mm et 9x12 mm. Il renferme des inclusions de quartz marquant la schistosité (structure hélicitique fréquente). Dans certaines roches, il comporte trois zones : un cœur sans inclusion, une zone intermédiaire riche en inclusions de quartz et enfin une zone externe également sans inclusion. La zonation est soulignée dans d'autres roches par l'alternance de plusieurs fines couronnes d'oxyde/graphite. Le plagioclase comporte des macles tectoniques dans certaines roches. Le graphite est abondant et se présente en baguettes. Le rutile est en inclusion dans les micas et le grenat. Il est auréolé d'ilménite dans certaines roches. La chlorite se présente surtout en rosettes et provient de la rétromorphose du grenat et de la biotite. La tourmaline est généralement moulée par les micas et souligne la schistosité. La monazite est en inclusion dans les micas.
Micaschiste à grenat-chlorite	Minéraux essentiels : quartz (37%), muscovite (20%), grenat (15%), chlorite (15%), plagioclase (3%), épidote (2%), graphite (1%) Minéraux accessoires :, rutile, monazite, zircon, oxydes Texture: La texture est lépidopœciloblastique hétérogranulaire. La schistosité est soulignée par la muscovite et la chlorite. Le grenat primaire est emballé dans la chlorite suggérant une rétromorphose. L'épidote est automorphe, zonée et tardive. Elle se développe sur les autres minéraux et les recoupent. Les accessoires sont surtout en inclusion dans la muscovite et le grenat.
Biotitite à grenat	Minéraux essentiels : biotite (50%), grenat (20%), plagioclase (15%), quartz (10%), calcite (2%), K-feldspath (1%), épidote (1%) Minéraux accessoires : sphène (< 1%), rutile, chlorite (< 1%), apatite, oxydes Texture: La texture est lépidopœcilogranoblastique hétérogranulaire. La biotite est orientée dans tous les sens. Le sphène se développe autour du rutile et forme par endroits des paquets de plusieurs cristaux. Dans les grenats, les inclusions de rutile sont au coeur alors que celles de sphène sont vers la bordure. L'épidote est à coeur d'allanite. Le quartz est fréquent en inclusion dans le grenat.
Quartzite	Minéraux essentiels*:* quartz (95%), muscovite (3%), plagioclase (2%) Minéraux accessoires *:* calcite Texture : La texture est granoblastique. La muscovite et le plagioclase sont coincés entre les cristaux de quartz. La calcite est secondaire et se développe sur le plagioclase.

Tableau XII (suite). Description microscopique des micaschistes et roches associées.

Type pétrographique	Minéralogie et structure
Micaschiste à grenat-disthène	Minéraux essentiels : quartz (30-45%), plagioclase (5-15%), muscovite (10-20%), grenat (5-20%), disthène (10-25%), K-feldspath (<5%), biotite (5-20%), graphite (1-2%) Minéraux accessoires :, oxyde, calcite, rutile, apatite, zircon, monazite, chlorite Texture : La schistosité est marquée par la muscovite, la biotite et le graphite. La rétromorphose n'est pas clairement visible bien qu'il y ait par endroits des feldspaths rétromorphosés en symplectites de muscovite et quartz. Le quartz est souvent étiré ou en sous-grains. Le grenat est très développé et renferme des inclusions de quartz, biotite, graphite, plagioclase et rutile. La Si dans le grenat, soulignée surtout par le quartz auquel s'ajoute la biotite, est oblique à la Se. Les inclusions de quartz et de biotite sont orientées. Le plagioclase forme parfois des amas dans les zones à quartz. Le disthène, allongé dans la schistosité, est tronçonné dans certains cas et entre les tronçons se développe la muscovite. Le disthène est parfois très sombre parce que criblé d'inclusions de graphite. Certains cristaux de disthène montrent des inclusions qui soulignent deux schistosités: une S1 soulignée par le graphite et le rutile est reprise par une S2 marquée par des cristaux de quartz étirés. D'autres montrent une Si (marquée toujours par le graphite ou le rutile) sigmoïde ou oblique à la Se. La monazite est en inclusion dans la muscovite
Migmatites à grenat-disthène	Minéraux essentiels : quartz (25-35%), biotite (20-25%), plagioclase + feldspath K (15-20%), disthène (10-15%), grenat (5-10%), muscovite (2-8%), graphite (1-2%) Minéraux accessoires : chlorite, oxyde, calcite, zircon, monazite, apatite, rutile Texture : Les migmatites montrent des zones très riches en biotite, disthène ± graphite (mélanosome) qui séparent des zones à quartz et feldspaths (leucosome). L'alternance de ces deux zones souligne la foliation. La muscovite est peu abondante et en partie nettement secondaire. Elle forme des agrégats autour du disthène. Les cristaux de quartz peuvent localement former des symplectites avec la muscovite. Les sous-grains de quartz sont plus abondants autour des poeciloblastes ou entre deux poeciloblastes de grenat. Certains feldspaths sont en cours de séricitisation. Le plagioclase est un oligoclase (An20-22). Le grenat, souvent moulé par la biotite et le disthène, est riche en inclusions de graphite, rutile, quartz, plagioclase et biotite, avec une schistosité interne (Si) soulignée surtout par le graphite, les oxydes et le quartz. Cette Si est suivant les cas oblique ou sigmoïde à la schistosité externe (Se). Le grenat montre localement, en son coeur, des textures suggérant une croissance initiale le long des joints de grains du quartz. Un grenat de l'échantillon 08.21 montre un zonage optique. La biotite s'altère en chlorite. La monazite est en inclusion dans la biotite ou le grenat.
Gneiss à biotite	Minéraux essentiels : quartz (30-35%), plagioclase (30-45%), biotite (5-15%), K-feldspath (2-10%), muscovite (1-15%), grenat (<5%) Minéraux accessoires : épidote, oxydes, sphène, apatite, rutile, chlorite, zircon Texture : La foliation est soulignée par l'alternance de lits de biotite ± muscovite et de lits à feldspaths + quartz. Dans certains échantillons, la granulation ou la recristallisation des microcristaux de quartz et feldspaths est prononcée autour des gros feldspaths. La muscovite tardive est oblique sur la schistosité. Le grenat à des inclusions de quartz, feldspaths, biotite, chlorite et de muscovite. Il est par endroits rétromorphosé en biotite. Les épidotes forment des symplectites avec le quartz.

Tableau XII (suite). Description microscopique des micaschistes et roches associées.

Type pétrographique	Minéralogie et structure
Grenatite à anthophyllite	Minéraux essentiels : grenat (39%), quartz (40%), magnétite (11%), anthophyllite (5%), apatite (5%), Minéraux accessoires : graphite, rutile, oxyde Texture : Les porphyroblastes de grenat sont criblés d'inclusions de graphite. Des petits grenats se développent aux joints de cristaux de quartz. L'anthophyllite se présente en baguettes plus au moins allongées associées surtout au quartz. Le graphite se développe le long des clivages de l'anthophyllite.
Biotitite à calcite	Minéraux essentiels : biotite (55%), calcite (15%), apatite (10%), épidote (10%), quartz (5%), plagioclase (5%) Minéraux accessoires : zircon, oxydes Texture : La biotite, souvent associée à la calcite, est orientée dans tous les sens. Les cristaux d'apatite sont associées aux épidotes. Elles sont très développées, zonées et se développent dans des zones préférentielles. Les épidotes sont à coeur d'allanite. Le quartz et le plagioclase sont observés dans les interstices entre biotite et calcite.
Métagranite	Minéraux essentiels : quartz (42%), plagioclase (25%), K-feldspath (20%), biotite (7%), muscovite (5%) Minéraux accessoires : apatite, zircon, oxydes, chlorite Texture : La schistosité est frustre et soulignée par la disposition des micas. Le plagioclase (≤ 0.8 x 0.6 mm) est clivé et à aspect trouble. Les feldspaths alcalins sont du microcline. La majorité des cristaux de quartz (≤ 1.2 x 0.8 mm) sont non déformés et sont engrenés avec les feldspaths. La biotite se développe aux joints des cristaux de quartz et de feldspath. Quelques cristaux de muscovite sont sub-perpendiculaires à la schistosité.

Figure 31. Micaschistes à l'affleurement. (a) Micaschistes à grenat de la tranchée routière de Mayebeck (est de la carte) ; notez le léger pendage vers l'est. (b) Micaschistes à grenat (riches en quartz) de Pout-Kellé (sud-ouest de la carte) ; notez que la schistosité visible est S2. (c) Détail de la photo précédente montrant les plis P2 (pointillés blancs) reprenant une schistosité antérieure (S1). (d) Cristaux de disthène et grenat dans les micaschistes à grenat-disthène de Henguégué (nord-est de la carte). (e) Echantillon de migmatite à grenat-disthène de Bomb (nord-ouest de la carte) ; notez les leucosomes et les mélanosomes. (f) Micaschistes à grenat de Boga (ouest de la carte) ; dans le fond est visible le massif de Mambé constitué de micaschistes à grenat-disthène; S: schistosité; la taille de l'homme en chapeau sur la photo a est de 1.68 m; la longueur du stylo sur les photos c, d et e est de 15 cm.

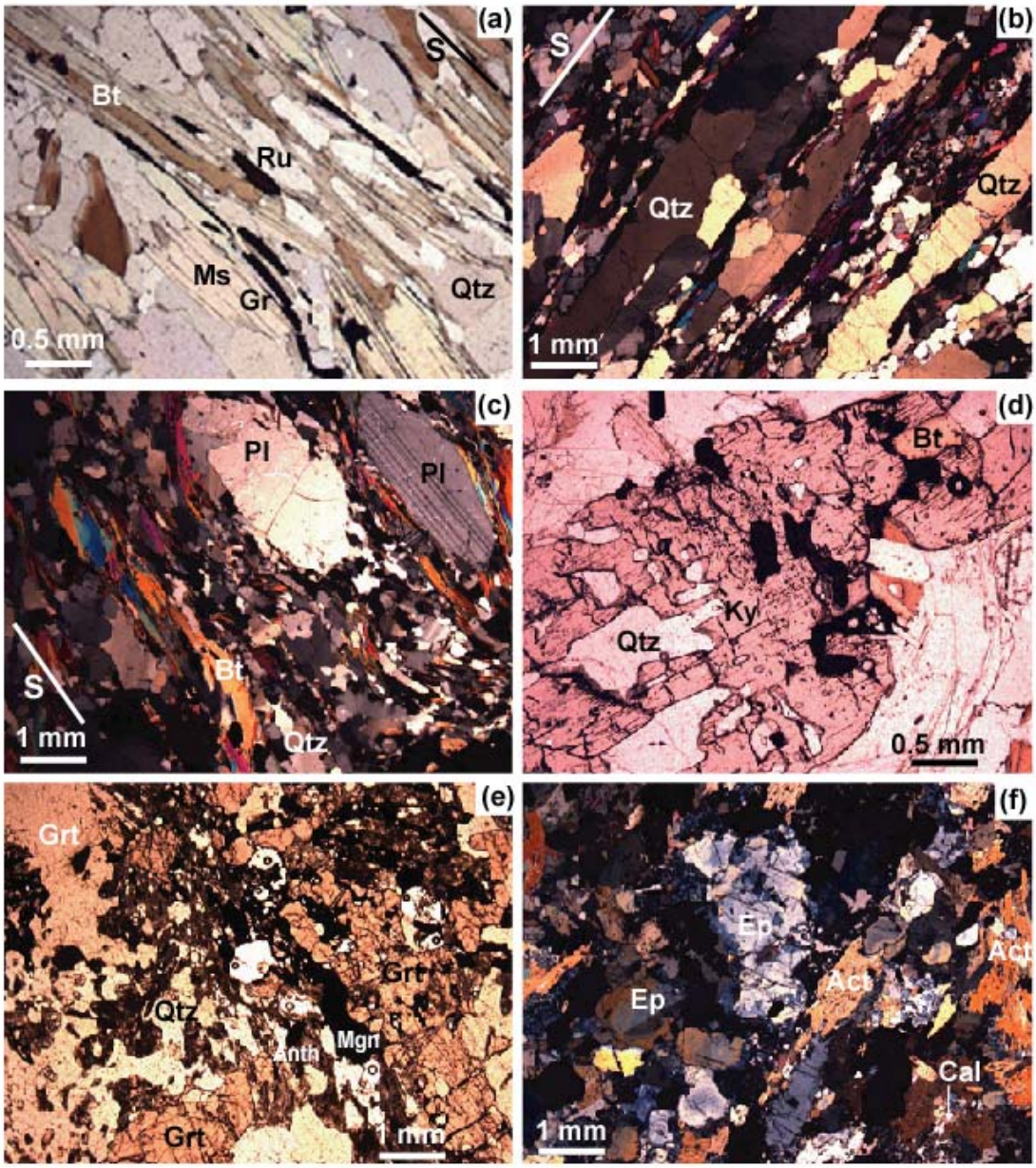


Figure 32. Micaschistes en lames minces. (a) Schistosité soulignée par les micas, le graphite et le rutile dans un micaschiste à grenat de Bot-Makak (nord de la carte). (b) Texture mylonitique recristallisée dans un micaschiste à grenat de Henguégué (éch. 08.16, nord-est de la carte). (c) Mégacristaux de quartz et plagioclase dans un micaschiste à grenat de Nsimé-Kellé (éch. NS6, sud de la carte) ; notez que les gros cristaux sont moulés par les micas. (d) Porphyroblaste de disthène riche en inclusions (Bt, Qtz, Ru) dans un micaschiste à grenat-disthène de Boga (éch. BOG7, ouest de la carte). (e) Grenatite à anthophyllite de Song Mawen (nord-ouest de la carte). (f) Epidotite à actinote-biotite ; notez la zonation des épidotes.

II.2.4.3. Autres roches

Les gneiss à biotite ─ Ils affleurent au nord-ouest de la carte à Maboyé Dikoa, en fenêtre le long du cours d'eau "Lagal", dans les micaschistes à grenat-disthène. Au sud-ouest de la carte (Pout Kellé), ils affleurent en dalles et montrent une foliation caractérisée par des lits de quartz et de feldspaths alternant avec des lits de biotite épais en moyenne de 2 mm. Ils renferment en plus de la biotite, la muscovite et le grenat. Des blocs métriques et plurimétriques de hornblendite à épidote et de talcschiste à trémolite reposent par endroits sur ces gneiss à biotite. La description microscopique est donnée dans le tableau XII.

Les quartzites ─ Ils affleurent presque partout dans la région d'étude, mais ne constituent d'affleurements cartographiables qu'à l'ouest (Maholé, Mbanga, Pout Kellé) et l'est (Tayap) de la carte. Ils sont souvent micacés, foliés et recoupés de joints secs. Les affleurements non cartographiables sont des blocs métriques et plurimétriques (≤ 4 x 3 m) épars sur les flancs de collines et surtout dans les lits de la plupart des cours d'eau de la région d'étude. A Mbanga, ils sont en dalles et blocs sur les talcschistes à trémolite. A Pout Kellé, ils sont en couches dans les micaschistes à grenat. A Tayap, ils sont à deux micas et grenat et définissent une surface initiale S0/S1 orientée N113°E 18°SSW par alternance avec les micaschistes à grenat.

Les grenatites à anthophyllite ─ Elles affleurent en blocs épars métriques (2.3 x 1.7 m) exclusivement au sein des micaschistes à grenat-disthène du massif de Mambé, dans la localité de Pout Nguimbous (nord-ouest de la carte). Elles n'ont pas été cartographiées du fait de la rareté des blocs susceptibles de constituer un véritable affleurement. La description microscopique est donnée dans le tableau XII.

Les biotitites à grenat ─ Les biotitites à grenat affleurent au sud de la carte, du nord de Mamb Kellé jusqu'au cours d'eau "Kellé", en dalles plurimétriques dans les micaschistes à grenat. La description microscopique est donnée dans le tableau XII.

Les métagranites ─ Ils sont observés uniquement au nord-est du secteur d'étude, à Henguégué. Ils affleurent en sills concordants dans les micaschistes à grenat. Les sills sont orientés N142°E 11°NE. Cette orientation est subparallèle à la schistosité dans les micaschistes à grenat (N135°E 23°NE). Ils sont légèrement déformés, à grain moyen et riches en quartz et feldspaths. La taille moyenne des phénocristaux de feldspaths est de 0.75 cm. Des

amandes polycristallines de feldspaths (≤ 8x3 mm) sont étirées dans la foliation qui est marquée par l'alternance entre lits à biotite et lits quartzofeldspathiques. La description microscopique est donnée dans le tableau XII.

II.2.4.4. Compositions chimiques et nature des roches initiales

Les micaschistes à grenat sont riches en SiO_2 (58.83 à 69.32%) et moyennement riches en Al_2O_3 (11.71-17.20%), avec une somme (Fe_2O_3+MgO+TiO_2) variant de 9.48 à 13.77% (tab. XII). Al_2O_3 et MgO sont anti-corrélés à SiO_2 (fig. 33) traduisant une balance entre quartz et éléments détritiques (argiles, feldspath), tandis que Zr est positivement corrélé à SiO_2. K_2O est corrélé positivement à Al_2O_3 mais on notera que la pente est différente de celle des micaschistes à grenat -disthène, soulignant probablement la présence de micas dans un cas (micaschistes à grenat et micaschistes à grenat-chlorite) et d'argiles dans l'autre (micaschistes à grenat-disthène). TiO_2 montre une corrélation positive en fonction de Fe_2O_3. Les teneurs en Na_2O (1.48-3.06%) et en K_2O (1.92-3.86%) sont relativement élevées et suggèrent la présence d'une charge feldspathique détritique variable, suggérée également par un rapport K_2O/Na_2O assez variable (0.63 à 2.21). Ce rapport est supérieur à 1 dans les shales et inférieur à 1 dans les grauwackes (Taylor and McLennan, 1985). Les teneurs en CaO (1.13-4.68%) et TiO_2 (0.65 à 1.17%) sont également assez variables. Le rapport TiO_2/Al_2O_3 (0.05-0.07) est légèrement plus élevé que dans les argiles (0.040, d'après Goldschmidt, 1954), mais correspond aux valeurs connues dans les métasédiments de Yaoundé (0.06-0.075; Nzenti et *al.*, 1988; Ngnotué et *al.*, 2000; Henrik Stendal et al., 2006) et les sédiments argileux et arénacés continentaux ou proches du rivage (Migdisov, 1960).

Tableau XIII. Composition chimique en roche totale des micaschistes et des roches associées.

Type	Micaschistes															Migmatites		
	grenat										grt-chl	grenat-disthène				grt-ky		grt-ky (Ydé)
Ech.	**SH1**	**PK12**	**NB3**	**MN1**	**TA1**	**HE1**	**BI17**	**BOG1**	**BI2**	**MK1**	**BOG5**	**HA5**	**ST1**	**PN2**	**ST2**	**BO2**	**8.21**	**8.13**
SiO_2 (%)	69.3	65.48	58.83	66.24	60.38	66.77	65.12	67.80	61.66	63.63	67.68	60.50	55.41	55.62	68.97	63.80	55.09	65.28
Al_2O_3	13.6	11.71	15.05	14.57	17.20	15.09	14.51	14.10	17.04	15.84	15.77	19.20	24.16	21.99	12.41	17.21	20.80	15.17
Fe_2O_{3tot}	7.86	5.79	9.29	7.34	8.89	7.08	7.91	7.93	8.23	7.31	6.16	8.54	9.08	12.52	7.31	8.50	10.32	7.30
MnO	0.16	0.12	0.12	0.12	0.13	0.11	0.14	0.14	0.13	0.13	0.10	1.69	0.16	0.35	0.11	0.13	0.20	0.13
MgO	2.28	3.04	3.58	2.54	3.13	2.44	2.80	2.65	3.11	2.44	2.60	2.73	1.97	2.55	3.03	3.26	3.67	2.85
CaO	1.91	4.68	4.03	1.38	1.54	1.63	2.17	2.00	1.50	1.13	0.53	1.64	0.68	1.46	1.35	1.23	1.61	2.27
Na_2O	1.63	1.60	3.06	1.48	1.59	2.12	1.93	1.88	1.72	1.98	0.34	0.18	0.35	0.17	1.00	1.23	1.48	2.07
K_2O	2.18	2.36	1.92	2.77	3.51	2.79	2.40	2.14	3.52	3.86	3.42	2.07	2.48	2.30	1.97	2.82	3.16	2.57
TiO_2	0.99	0.65	0.90	1.04	1.17	0.92	0.97	1.00	0.98	0.84	0.80	1.18	1.02	1.07	1.09	1.01	1.35	1.03
P_2O_5	0.20	0.14	0.15	0.19	0.24	0.19	0.21	0.18	0.13	0.15	0.14	0.37	0.18	0.29	0.19	0.22	0.24	0.26
PF	0.59	4.69	1.62	1.32	1.65	1.82	1.09	0.87	1.75	2.36	3.33	2.21	3.86	1.73	2.04	0.98	0.88	0.55
Total	100.	100.25	98.56	98.99	99.43	100.9	99.24	100.68	99.76	99.67	100.86	100.30	99.36	100.0	99.47	100.3	98.80	99.49
Ba (ppm)	461	787	353	614	668	517	518	454	681	865	638	586	598	573	443	596	831	703
Co	17	15	25	20	24	18	24	21	25	17	11	41	29	19	21	23	27	22
Cr	101	79	133	108	125	110	115	104	105	98	87	118	117	107	132	143	177	143
Cs	5	4	4	6	7	7	6	4	7	5	1	2	3	1	4	4	4	1
Cu	39	39	68	23	49	32	43	24	59	51	23	50	70	54	47	27	28	12
Ga	18	16	19	21	26	20	19	18	24	21	20	22	30	22	16	23	28	22
Hf	5.3	3.7	4.6	5.3	5.6	5.3	4.8	5.3	4.8	5.1	4.5	5.4	5.1	5.5	6.5	5.2	7.3	5.9
Nb	13.3	9.6	10.2	13.7	16.8	13.0	12.1	12.4	11.8	11.3	10.5	19.3	21.5	22.4	14.8	11.5	19.8	11.8
Ni	43	42	69	50	67	52	67	52	58	51	28	120	64	49	55	66	83	84
Rb	78	76	77	101	129	103	94	83	127	133	71	88	114	79	86	119	125	94
Sr	94	146	257	89	99	130	131	123	102	152	60	38	68	41	78	111	123	170
Th	8.4	7.6	7.4	7.8	10.8	9.3	8.0	8.2	9.0	7.2	5.9	13.0	21.4	18.6	6.6	10.4	13.6	8.3
U	2.2	1.8	2.2	1.7	2.3	2.7	2.4	1.6	2.0	2.1	1.8	2.8	2.9	2.2	1.3	2.1	2.6	1.3
V	134	103	174	152	182	137	145	146	159	128	125	138	142	117	162	199	250	193
Y	32	21	29	27	36	30	30	30	24	26	27	39	50	87	33	34	44	31
Zn	90	92	89	110	138	106	115	94	142	112	72	117	119	84	124	179	174	136
Zr	207	145	166	206	215	203	183	199	179	190	169	202	188	200	256	196	265	219

Tableau XIII (suite). Composition chimique en roche totale des micaschistes et des roches associées.

Type	Micaschistes															Migmatites		
	grenat										grt-chl	grenat-disthène				grt-ky		grt-ky (Ydé)
Ech.	**SH1**	**PK12**	**NB3**	**MN1**	**TA1**	**HE1**	**BI17**	**BOG 1**	**BI2**	**MK1**	**BOG5**	**HA5**	**ST1**	**PN2**	**ST2**	**BO2**	**8.21**	**8.13**
La (ppm)	37.59	23.89	25.10	15.88	40.64	26.59	20.24	27.54	19.77	10.74	12.94	34.41	66.49	67.64	22.23	33.31	46.63	30.52
Ce	63.62	49.03	52.60	39.66	77.42	53.83	41.22	57.41	73.87	24.25	28.98	77.74	132.80	137.20	46.11	67.20	95.32	63.61
Pr	9.10	5.67	6.16	3.99	9.61	6.53	5.06	6.71	5.08	2.98	3.53	8.48	14.95	16.11	5.55	8.27	11.47	7.70
Nd	34.89	21.28	23.70	15.38	37.14	25.14	19.70	25.60	20.11	11.13	13.84	33.18	54.70	60.29	21.34	32.36	44.44	31.08
Sm	7.14	4.27	5.00	3.38	7.74	5.32	4.13	5.26	4.65	2.51	2.97	7.66	10.52	11.66	4.32	6.79	9.25	6.99
Eu	1.57	0.97	1.12	0.88	1.68	1.22	0.96	1.29	1.09	0.75	0.76	1.61	1.86	1.90	0.91	1.46	1.98	1.74
Gd	6.07	3.63	4.58	3.97	6.66	4.68	4.16	5.01	4.62	2.46	2.77	8.31	8.68	11.10	4.00	6.07	7.29	5.31
Tb	0.95	0.58	0.77	0.76	1.04	0.79	0.79	0.83	0.77	0.53	0.55	1.33	1.45	2.18	0.74	1.00	1.23	0.87
Dy	5.61	3.60	4.91	4.72	6.23	5.05	5.20	5.03	4.62	3.98	3.98	7.43	8.92	15.22	5.20	5.96	7.50	5.32
Ho	1.07	0.73	1.02	0.95	1.24	1.05	1.06	1.03	0.87	0.90	0.89	1.31	1.73	3.12	1.14	1.18	1.52	1.09
Er	3.04	2.18	2.95	2.59	3.52	3.12	2.96	2.91	2.42	2.80	2.72	3.48	4.90	8.77	3.41	3.38	4.10	2.99
Tm	0.45	0.34	0.45	0.39	0.53	0.49	0.45	0.44	0.37	0.45	0.43	0.49	0.72	1.29	0.53	0.51	0.63	0.48
Yb	3.03	2.29	3.03	2.71	3.55	3.29	3.02	3.07	2.63	3.24	3.02	3.27	4.84	8.49	3.60	3.39	4.32	3.24
Lu	0.46	0.36	0.47	0.44	0.53	0.50	0.47	0.47	0.41	0.51	0.47	0.50	0.74	1.24	0.56	0.53	0.67	0.52

Tableau XIII (suite). Composition chimique en roche totale des micaschistes et des roches associées.

Type	Grenatite	Métagranite		Biotitite	
	à anthophyllite			à cal	à grt
Echantillon	PN1	MD1	HE6	BOU1	MK2
SiO_2 (%)	50.65	66.57	75.14	48.54	51.09
Al_2O_3	12.14	13.92	13.16	14.00	13.48
Fe_2O_{3tot}	27.02	6.76	2.19	10.29	13.24
MnO	0.53	0.09	0.03	0.17	0.23
MgO	1.19	1.95	0.46	6.32	4.75
CaO	4.52	1.382	0.44	8.49	7.07
Na_2O	0.00	3.48	2.92	1.02	0.81
K_2O	0.00	3.15	4.21	4.77	3.24
TiO_2	0.29	0.78	0.29	0.79	2.93
P_2O_5	1.74	0.14	0.08	1.96	0.44
PF	1.75	0.56	1.85	3.71	1.63
Total	99.83	98.78	100.77	100.06	98.93
Ba (ppm)	4	655	801	462	767
Co	49	9	3	34	37.81
Cr	24	53	6	150	37.13
Cs	-	2	1	-	2.53
Cu	244	35	3	62	34.87
Ga	19	19	18	24	22.73
Hf	1.5	6.9	8.0	2.0	5.34
Nb	3.3	11.8	18.8	13.1	13.75
Ni	94	17	6	74	29.71
Rb	0	96	114	225	143
Sr	26	168	131	115	134
Th	0.7	7.4	17.0	57.0	5.40
U	1.6	0.7	0.7	4.3	1.37
V	80	102	17	141	315
Y	63	34	4	67	39.71
Zn	44	94	45	82	241
Zr	56	252	297	74	211
La	19.44	23.33	11.41	239.60	26.68
Ce	49.86	50.25	21.57	311.10	56.48
Pr	7.51	6.06	2.62	23.57	6.84
Nd	39.27	23.55	8.73	67.47	28.26
Sm	12.93	5.16	1.51	9.96	6.59
Eu	2.91	1.14	0.26	2.29	1.97
Gd	13.15	4.82	0.79	9.35	7.17
Tb	1.96	0.84	0.12	1.49	1.17
Dy	10.31	5.46	0.76	9.06	7.05
Ho	1.91	1.17	0.16	1.99	1.38
Er	5.18	3.55	0.58	6.25	3.80
Tm	0.75	0.57	0.12	0.98	0.56
Yb	5.20	4.06	1.05	6.86	3.74
Lu	0.82	0.64	0.20	1.07	0.58

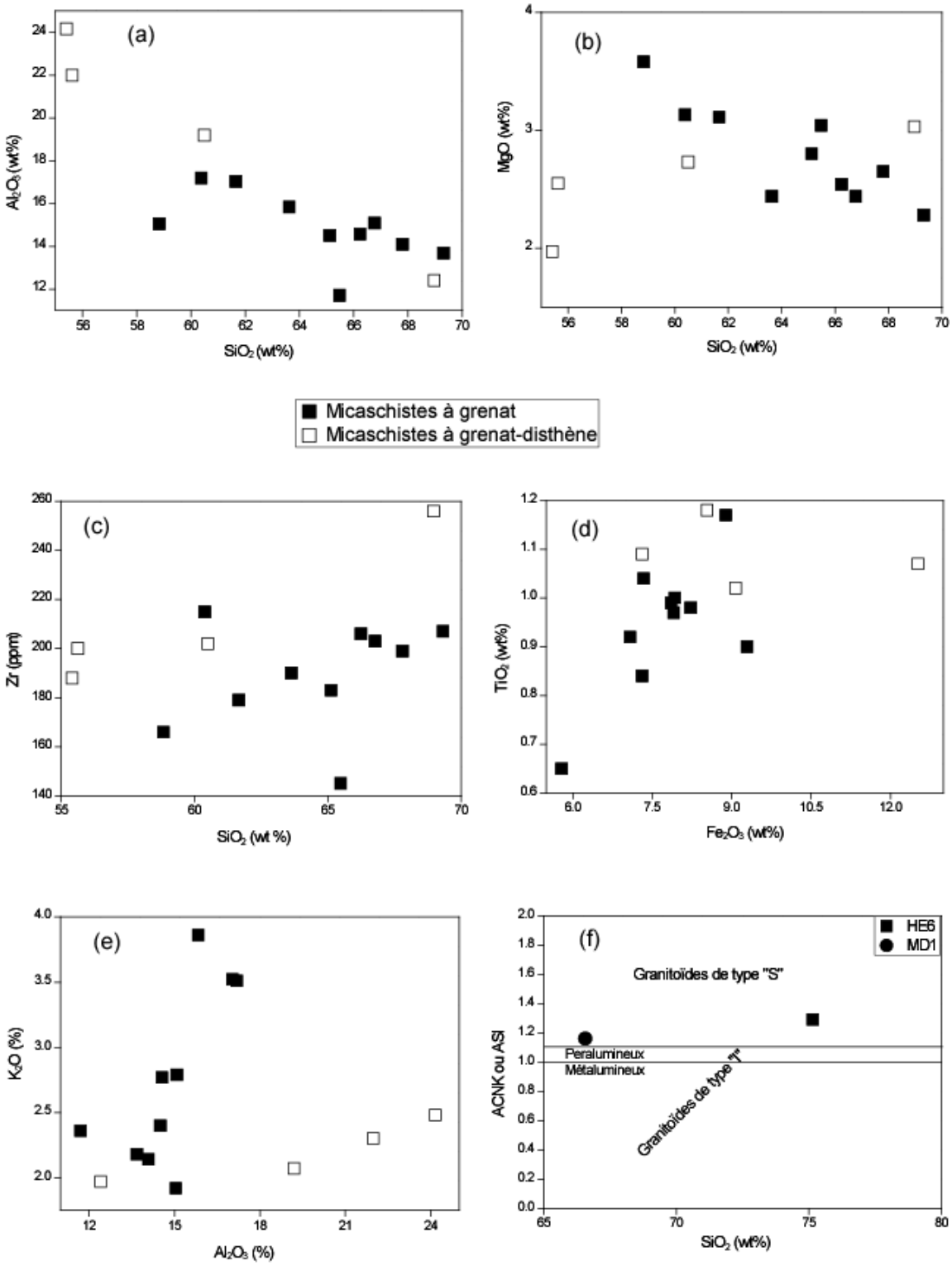


Figure 33. (a) à (e) Corrélations élémentaires (Al_2O_3-SiO_2, MgO-SiO_2, Zr-SiO_2, TiO_2-Fe_2O_3 et K_2O-Al_2O_3) dans les micaschistes à grenat et dans les micaschistes à grenat-disthène. (f) Caractérisation chimique des métagranites de la région de Boumnyebel (Shand, 1943; White and Chappell, 1977).

Les micaschistes à grenat-disthène ont des teneurs variables en SiO_2 (55.41-68.97%) et en Al_2O_3 qui peuvent atteindre des valeurs élevées (12.41-24.16%), traduisant un caractère alumineux prononcé (shales). Les teneurs en K_2O (1.97-2.48%), Na_2O (0.17-1.00%) et CaO (0.68-1.64%) sont plus faibles que celles des micaschistes à grenat et que celles de la moyenne des shales terrigènes (CaO=1.3%, Na_2O=1.2%: Taylor and McLennan, 1985). Ces teneurs sont semblables à celles obtenues par Stendal et *al.* (2006) dans les micaschistes à grenat-disthène de Dibang. Le rapport K_2O/Na_2O ($1.97 < K_2O/Na_2O < 13.24$) est caractéristique des roches sédimentaires au sens strict. Leur composition moyenne est voisine de celles des shales post-Archéen (Taylor and McLennan, 1985). TiO_2 varie de 1.02 à 1.18% et le rapport TiO_2/Al_2O_3 (0.042-0.088) est légèrement plus élevé que dans les argiles (0,040, d'après Goldschmidt, 1954), mais correspond aux valeurs connues dans les sédiments argileux et arénacés continentaux ou proches du rivage (Migdisov, 1960). Dans le diagramme de La Roche (1965), les micaschistes à grenat-disthène sont proches de la biotite, non loin de l'illite et du champ des shales.

Les migmatites à grenat-disthène de la région de Boumnyebel présentent des caractéristiques très proches de celles des micaschistes à grenat-disthène : teneurs en SiO_2 variant de 55.09 à 63.80%, richesse en Al_2O_3 (17.21-20.80%), teneurs faibles en CaO (1.23-1.61%), Na_2O (1.23-1.48%) et élevées en K_2O (2.82-3.16%). Les teneurs en TiO_2 (1.01-1.35%) sont assez élevées et proches de celles des shales post-archéen (0.6-1.1% ; Taylor and McLennan, 1985). Les valeurs du rapport TiO_2/Al_2O_3 (0.06-0.07) sont semblables à celles des métashales de Yaoundé (0.063-0.075; Nzenti et *al.*, 1988) et à celui de l'échantillon 08.13 de migmatite de Yaoundé (TiO_2/Al_2O_3=0.07; quartier Golfe) que nous avons prélevés et analysés pour des raisons de comparaison dans le cadre de cette étude. Il est à noter que les diagrammes de corrélations de la figure 33 suggèrent que les micaschistes à grenat et les micaschistes à grenat-disthène ne peuvent pas être considérés comme une série continue correspondant à un mélange variable entre quartz, argile et autres minéraux détritiques. Il s’agit bien de deux ensembles différents.

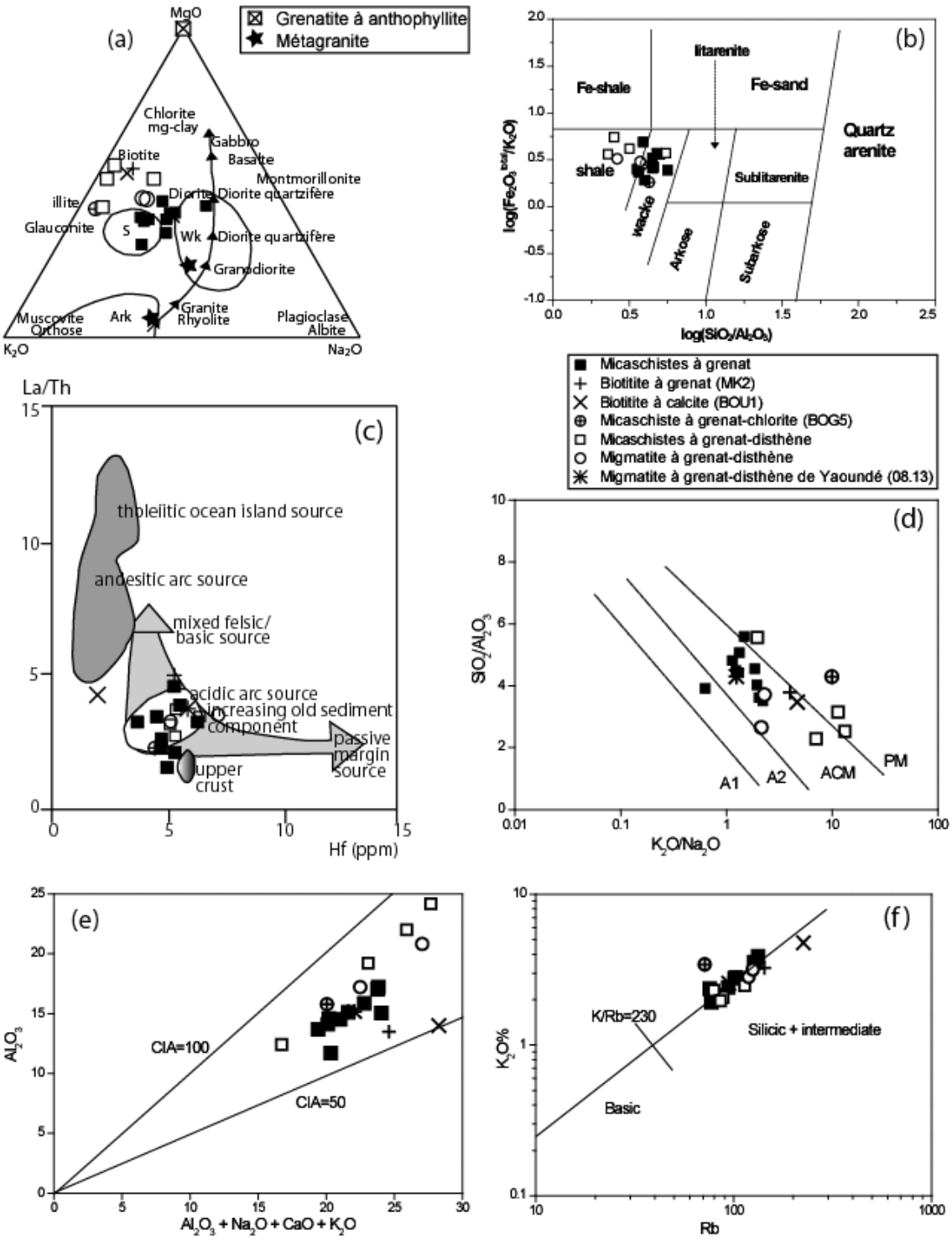


Figure 34. Diagrammes de classification et de discrimination des contextes géotectoniques des métasédiments de la région de Boumnyebel et d'un échantillon de migmatite à grenat-disthène de Yaoundé. (a) K_2O-MgO-Na_2O (de La Roche, 1965); (b) Log($Fe_2O_3^t/K_2O$)-Log(SiO_2/Al_2O_3) (Herron, 1988) ; (c) La/Th-Hf (Flyod and Leveridge, 1987) ; (d) K_2O/Na_2O-SiO_2/Al_2O_3 (d'après Roser and Korsch, 1986), PM: Passive Margin, ACM: Active Continental Margin, A1: Arc setting (basaltic and andesite detritus), A2: Evolved Arc setting (felsic-plutonic detritus) ; (e) Al_2O_3-Al_2O_3+Na_2O+CaO+K_2O (d'après Nesbitt and Young, 1987), CIA: Chemical Index of Alteration; (f) Rb-K (Floyd et *al.*, 1989), K/Rb=230 correspond à une tendance magmatique.

Dans le diagramme de La Roche (1965), les micaschistes à grenat occupent une position intermédiaire entre le domaine des shales et celui des grauwackes (fig. 34a) alors que les micaschistes et les migmatites à grenat-disthène sont décalés vers la position de la biotite dans ce diagramme. Dans le diagramme de Herron (1988), les échantillons se partagent entre le champ des shales pour les roches à grenat-disthène et celui des grauwackes pour les autres micaschistes (à grenat) (fig. 34b), reflétant comme pour le diagramme de La Roche, les faibles teneurs en Na_2O par rapport à K_2O (tab. XIII). Dans le diagramme de Roser et Korsch (1986) la majorité des micaschistes à grenat, les migmatites à grenat-disthène et un micaschiste à grenat-disthène tombent dans le domaine des sédiments de marge continentale active. La majorité des micaschistes à grenat-disthène et un micaschiste à grenat occupent le champ des sédiments de marge passive (fig. 34d). Le diagramme Al_2O_3-Al_2O_3+Na_2O+CaO+K_2O (d'après Nesbitt et Young, 1982) indique que l'altération est restée modérée avec une valeur de l'Indice d'Altération Chimique autour de 75 (fig. 34e). L'ensemble de ces diagrammes traduit une source de nature essentiellement continentale impliquant possiblement un mélange avec des matériaux volcaniques (fig. 34d) comme le suggère le diagramme La/Th-Hf (Floyd and Leveridge, 1987) et le diagramme Rb-K (Floyd et *al*., 1989). La valeur du rapport Th/U (5.05) plus élevé que la valeur moyenne du même rapport dans la croûte supérieure (3.8), est cependant proche des valeurs obtenues dans les métapélites (4.14-6.16) de Puncoviscana (Do Campo et Ribeira Guevara, 2005). Une autre évidence en faveur du recyclage de matériel continental est le rapport Rb/Sr (1.08) qui est identique à celui des métapélites de Puncoviscana (1.02 à 2.82). L'altération et dans certains cas les processus diagénétiques conduisent à une augmentation significative du rapport Rb/Sr dans les roches, les valeurs de ce rapport supérieures à 0.5 ont été interprétées par McLennan et al. (1993) comme indicatives d'altération et de recyclage sédimentaire.

Les spectres des terres rares (fig. 35) sont assez caractéristiques de matériaux provenant du recyclage de matériaux continentaux, avec un enrichissement en terres rares légères, des terres rares lourdes peu fractionnées et une anomalie négative en Eu très caractéristique. Il apparaît une différence assez nette entre les spectres des micaschistes à grenat-disthène et des micaschistes à grenat, les seconds étant enrichis en terres rares.

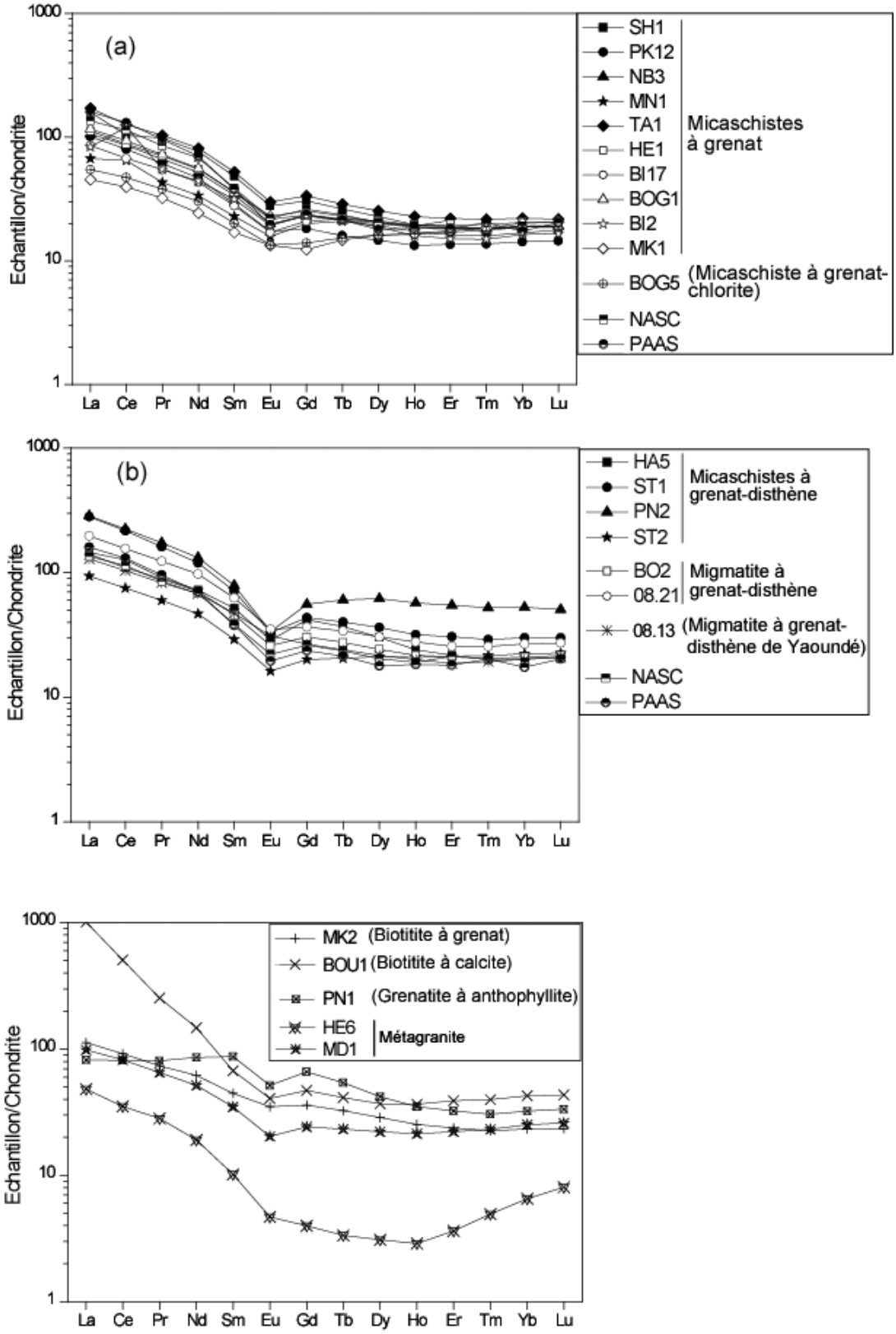


Figure 35. Spectres des terres rares des micaschistes, migmatites et roches associées de la région de Boumnyebel. Normalisation selon McDonough et Sun (1995).

Les micaschistes à grenat et les micaschistes à grenat-disthène présentent des rapports élément/élément différents [$(La/Sm)_N$: 3.06-3.15 vs 2.66-3.50, $(Gd/Yb)_N$: 1.37-1.45 vs 0.61-1.62 et Eu/Eu* : 0.69-0.73 vs 0.70-0.92, respectivement]. Ces spectres sont tous semblables aux spectres des Shales Australiens Post-Archéens (PAAS ; Taylor et McLennan, 1994) et du « North American Shales Composite » (NASC ; Haskin et *al.*, 1968). Les spectres des micaschistes de Boumnyebel ont la même allure que les spectres des migmatites à grenat-disthène de Yaoundé (cf. échantillon 08.13 prélevé dans le cadre de cette étude et données de Nzenti et *al.*, 1988 et de Ngnotué et *al.*, 2000). L'échantillon de micaschiste à grenat-chlorite (tab. XII) ne se distingue pas significativement des micaschistes à grenat (67.68% de SiO_2 et 15.77% d'Al_2O_3) si ce n'est une teneur en K_2O plus élevée (3.42%).

Les teneurs en SiO_2 et Al_2O_3 (51.09% et 13.48%, respectivement) de l'échantillon de biotitite à grenat sont faibles par rapport à celles des micaschistes à grenat de la région d'étude. Les teneurs en K_2O (3.24%) et Na_2O (0.81%) sont comparables. Par contre la teneur en CaO (7.07%) et la somme Fe_2O_3+MgO+TiO_2 (20.93%, mais pour l'essentiel correspondant au fer) sont très élevées par rapport à celle des autres métasédiments, comme le sont les teneurs en Ba (767 ppm), V (315 ppm), Zn (241 ppm) et Zr (211 ppm). Son spectre de terres rares est assez fractionné (La_N/Yb_N=4.84) et possède une anomalie négative en Eu (Eu/Eu*=0.87). Il présente une nette parenté avec les métashales. Les biotitites à calcite ont une teneur encore plus faible en SiO_2 (48.54%), mais les teneurs en CaO (8.49%), K_2O (4.77%) et Fe_2O_3+MgO+TiO_2 (17.41) sont comparables (tab. XIII). Le spectre des terres rares est très fractionné [$(La/Yb)_N$=23.72] avec un fort enrichissement en terres rares légères [$(La/Sm)_N$=15.03]. Les terres rares lourdes [$(Gd/Yb)_N$=1.10] et l'anomalie négative en Eu (Eu/Eu*=0.72) sont proches de celle des métashales. La grenatite à anthophyllite renferme 50.65% de SiO_2 et 12.14 % d'Al_2O_3. Elle ne contient ni K_2O, ni Na_2O. La proportion de CaO est modérée (4.52%) mais la teneur en Fe_2O_3 est exceptionnellement élevée (27%) (tab. XII). Le spectre des terres rares de cette grenatite à anthophyllite est peu fractionné (La_N/Yb_N=2.54) avec un appauvrissement en terres rares légères (La_N/Sm_N=0.94) par rapport aux spectres des métashales. Les terres rares lourdes (Gd_N/Yb_N=2.05) et l'anomalie négative en Eu (Eu/Eu*=0.68) sont par contre proche de celle des métashales. Il apparaît que ces différents types lithologiques particuliers ont des caractéristiques communes suggérant des roches contenant une charge carbonatée significative, mais surtout des teneurs en fer très élevées indiquant des protolites sédimentaires à caractère ferrifère mais non alumineux.

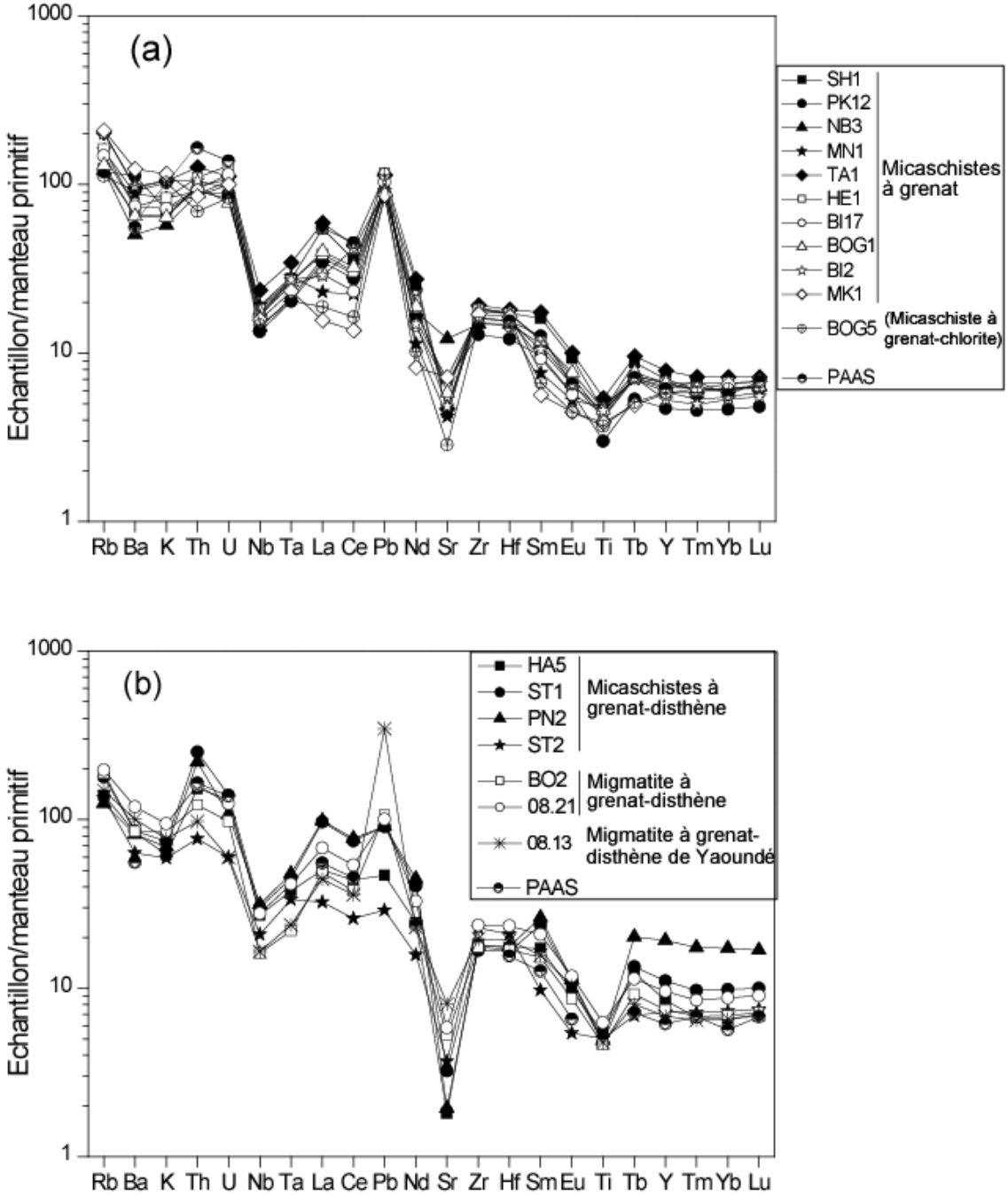


Figure 36. Spectres multiélémentaires des micaschistes, migmatites et roches associées de la région de Boumnyebel. Normalisation selon McDonough et Sun (1995).

Enfin, nous mentionnerons les métagranites qui ne sont pas des roches sédimentaires mais celles qui les recoupent. Leurs caractéristiques chimiques (tab. XIII) sont celles de granites avec des teneurs en SiO_2 variables (66.57-75.14 %) et en Al_2O_3 assez constantes (13.16-13.92 %). Ils sont caractérisés par une teneur élevée en Na_2O+K_2O (6.63-7.13 %). Le rapport Na_2O/K_2O est compris entre 0.69 et 1.11. La somme des éléments liés aux minéraux ferromagnésiens ($Fe_2O_3+MgO+TiO_2$) varie de 2.94 à 9.49%. Ils ont des compositions de granites alumineux (tab. XIII; fig. 31f). Ils sont peralumineux [$Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ mol%=1.16-1.29] comme le montre le diagramme $Al_2O_3/CaO+Na_2O+K_2O-SiO_2$ (fig. 33f) et appartient au domaine des granitoïdes de type "S" (Chappell, 1977). Les teneurs en Ba (655-801 ppm), Zr (252-297 ppm) et en Sr (131-168 ppm) sont significatives. Le spectre des terres rares de l'échantillon MD1 est assez caractéristique des granites d'origine crustale, terres rares fractionnées avec un enrichissement en terres rares légères (La_N/Sm_N=2.82-4.72) par rapport aux terres rares lourdes (Gd_N/Yb_N=0.61-0.96) et une anomalie négative en Eu (Eu/Eu*=0.70-0.74). L'échantillon HE6 montre un spectre un peu particulier suggérant des phénomènes d'altération hydrothermale (fig. 35b).

Les spectres multiélémentaires des micaschistes à grenat et des micaschistes à grenat-chlorite (fig. 36a) sont semblables entre eux et semblables à celui des PAAS (Post-Archean Australian Shales). Ils montrent tous une anomalie négative très marquée en Nb, Ta, Sr et Ti et positive en Pb. Ces spectres présentent les mêmes caractéristiques que les spectres des micaschistes de Yaoundé (Stendal et *al*., 2006). Les anomalies négatives en Sr et Ti sont respectivement un peu plus fortes dans les micaschistes de Boumnyebel et dans les micaschistes de Yaoundé. Les spectres multiélémentaires des micaschistes à grenat-disthène et des migmatites à grenat-disthène (fig. 36b) sont semblables entre eux et à celui des PAAS (Post-Archean Australian Shales). Ils ont en gros la même allure que les spectres des micaschistes à grenat. Ils présentent tous une anomalie négative prononcée en Nb, Ta, Sr, Eu et Ti et positive en Th et Pb. La migmatite à grenat-disthène de Yaoundé (éch. 08.13) donnée pour comparaison présente un spectre identique à ceux des migmatites à grenat-disthène de la région de Boumnyebel, à la seule différence que l'anomalie positive en Pb est nettement plus prononcée dans la migmatite à grenat-disthène de Yaoundé.

II.3. DISCUSSION ET CONCLUSION

La région de Boumnyebel est constituée d'un ensemble paléoprotérozoïque apparenté au groupe du Nyong et d'un ensemble panafricain apparenté au groupe de Yaoundé. Nous présentons une nouvelle cartographie de cette région. Il apparaît qu'au sud-ouest du secteur d'étude la limite entre les formations panafricaines et les formations paléoprotérozoïques ne se situe pas à la latitude de la tranchée routière Boumnyebel-Song Mbong comme l'indiquaient les travaux antérieurs, mais se trouve plus au sud, à proximité des localités de Mapan et de Memel. La région de Boumnyebel est caractérisée par la présence d'une foliation assez proche de l'horizontale et par une structure en dômes et bassins. Les linéations minérales sont en majorité orientées NNE-SSW.

Au sud-ouest de la carte, l'ensemble panafricain repose tectoniquement sur l'ensemble paléoprotérozoïque. Dans la région d'étude les formations de l'ensemble paléoprotérozoïque sont représentées essentiellement par des TTG et des granites et de façon plus limitée par des amphibolites à grenat, en cohérence avec ce qui est connu plus au sud et à l'ouest dans le groupe du Nyong. Les amphibolites à grenat que nous évoquons ici sont celles qui constituent des niveaux boudinés au sein des TTG. Elles sont différentes des métavolcanites que Stendal et *al.* (2006) ont assimilés aux formations paléoprotérozoïques, mais que nous considérons comme panafricaines et sur lesquelles nous reviendrons dans le chapitre suivant. Ces métavolcanites sont en fait des amphibolites à grenat associées à des talcschistes à trémolite que nous considérons comme charriées sur le Paléoprotérozoïque ou séparé de ce dernier par contact faillé. La structuration des roches paléoprotérozoïques à proximité du contact avec le panafricain est identique avec celles des formations panafricaines. Cela avait été déjà souligné par Feybesse et *al.* (1998). Il y a donc restructuration des formations du Nyong durant l'orogenèse panafricaine. Nous verrons que cela est également cohérent avec les paragenèses métamorphiques (Chap. 3).

Les formations panafricaines correspondent à un ensemble majoritairement métasédimentaire constitué de métagrauwackes et métapélites, en cohérence avec ce qui est connu dans la région de Yaoundé, dans lequel est interlité un ensemble de roches mafiques (amphibolites à grenat et à épidote, gneiss à amphibole, métagabbros à grenat) et ultramafiques (pyroxénites à amphibole, clinopyroxénites à actinote, orthopyroxénites à anthophyllite hornblendites à épidote, talcschistes à trémolite et à magnésite-olivine, serpentinites à talc). Dans leur géométrie actuelle, les formations panafricaines montrent une évolution de la base au sommet,

avec une partie inférieure constituée de micaschistes grauwackeux contenant la plupart des niveaux d'amphibolites et pyroxénites, un ensemble supérieur comprenant au sommet les métapélites dans lesquelles se situent quelques niveaux d'amphibolites et un niveau de marbre à dolomite, et les talcschistes semblant constituer un niveau dilacéré situé en position intermédiaire.

La reconstitution de la nature des protolites des roches métamorphiques est toujours une opération délicate en raison des modifications chimiques induites par le métamorphisme. La reconstitution des environnements géodynamiques, reposant pour une majeure partie sur les rapports d'éléments en traces des roches, l'est encore plus. Cela est tout particulièrement vrai pour les roches mafiques et ultramafiques. Pour aborder cet aspect il est donc nécessaire de considérer que l'effet du métamorphisme n'a pas été suffisant pour perturber sensiblement les concentrations et les rapports élémentaires des roches initiales. Ce n'est sans doute pas tout à fait exact, mais la plupart des roches (à l'exception des talcschistes) montrent des caractéristiques chimiques cohérentes avec ce qui est connu pour les principales roches magmatiques et sédimentaires. Nous considérerons donc que l'essentiel des caractères chimiques des roches métamorphiques de Boumnyebel sont essentiellement primaires et reflètent celles des séries originelles et de leur environnement de dépôt. Une seconde difficulté est que la série dans sa géométrie actuelle résulte d'un empilement lié à une tectonique en nappe de formations qui pouvaient être initialement distantes les unes des autres.

II.3.1. Micaschistes et série métasédimentaire initiale

L'essentiel de la série est constituée de matériaux sédimentaires silicoclastiques dont les caractéristiques chimiques suggèrent en partie une origine à partir de l'érosion de matériaux continentaux. Nzenti et *al.* (1988) interprètent les métasédiments de Yaoundé comme provenant de l'érosion d'une croûte continentale proche avec dépôt dans un environnement peu profond en raison de la présence de marbres qui requiert des milieux de dépôts sous faible tranche d'eau (Veizer, 1973). Compte tenu de la présence de roches à affinité alcaline ces auteurs ont envisagé un contexte de rift en bordure d'un craton. Stendal et *al.* (2006) considèrent que les sédiments de la région de Dibang, très proche de celle étudiée ici, correspondent à un mélange de matériaux argileux et de quartz et à des matériaux dérivés de roches ignées intermédiaires à mafiques de type arc. Le contexte envisagé est celui d'un arc magmatique à proximité d'un continent.

Le premier point à souligner concernant les métasédiments de la région de Boumnyebel est que les micaschistes à grenat, micaschistes à grenat-chlorite et les micaschistes à grenat-disthène ne forment pas une lignée continue suggérant un simple mélange entre une fraction argileuse et une fraction détritique plus grossière. Ils forment deux entités distinctes (cf. fig. 33). Cela est également perceptible sur les granulites de Yaoundé (cf. fig. 2 de Nzenti et *al.*, 1988). A cela s'ajoute la présence dans les micaschistes à grenat-disthène d'un niveau de marbre à dolomite absent dans les micaschistes à grenat et, inversement, la plus grande abondance des roches mafiques dans ces derniers. On peut donc légitimement s'interroger sur la signification de ces deux groupes de roches métasédimentaires : s'agit-il d'une simple succession stratigraphique avec changement de contextes de dépôts ou de sources, ou s'agit-il de deux entités distinctes accolées tectoniquement ? Enfin, il est délicat de distinguer sur la seule base des caractères géochimiques les matériaux sédimentaires provenant d'une source continentale de ceux dérivés de l'érosion de roches ignées intermédiaires de type arc. Les données dont nous disposons sur la région de Boumnyebel suggèrent que les interprétations de Nzenti et *al.* (1988) et Stendal et *al.* (2006) bien que divergeant sur le contexte géotectonique ne sont qu'en apparence contradictoires. Premièrement, la présence de marbre à dolomite (et autres formations carbonatées et ferrifères comme les épidotites et les grenatites à anthophyllite) dans les micaschistes à grenat-disthène implique un environnement de dépôt peu profond et en partie confiné, donc vraisemblablement un contexte de marge continentale ou de bassin d'arrière arc. Deuxièmement, la signature géochimique de l'ensemble des micaschistes implique des matériaux-sources présentant une nette anomalie négative en HFSE (Nb, Ta), suggère soit une origine crustale, soit une origine d'arc volcanique, soit les deux. En effet, comme Bock et *al.* (2000) l'ont signalé il est difficile de distinguer les sédiments provenant de la croûte continentale recyclée de ceux des arcs sur la seule base de leurs signatures chimiques. Néanmoins, la présence assez systématique dans les micaschistes à grenat et à grenat-chlorite de plagioclase, parfois en gros cristaux il faut le noter, serait plutôt en faveur d'une composante d'origine volcanique. Nous retiendrons donc en première approximation qu'il y avait proximité d'un continent soumis à l'érosion (au moins pour la partie supérieure de la pile lithologique) et vraisemblablement la présence d'une zone volcanique active (micaschistes à grenat et micaschistes à grenat-chlorite).

II.3.2. Roches mafiques et ultramafiques et contexte géodynamique

Les roches mafiques et ultramafiques sont pour la grande majorité concentrées dans la partie inférieure de la pile métamorphique. Les données dont nous disposons nous conduisent à

discuter séparément les amphibolites (à grenat et à épidote), les gneiss à amphibole et les roches ultramafiques d'une part, et les métagabbros à grenat de Mamb d'autre part. En effet, comme l'ont déjà souligné Toteu et *al.* (2006) le caractère magmatique synmétamorphique des métagabbros à grenat ne fait pas de doute. Ils sont donc postérieurs aux autres roches mafiques et ultramafiques.

Compte tenu de leur composition chimique, les amphibolites dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs dizaine de mètres, et les gneiss à amphibole représentent des témoins démembrés d'un ensemble (plutono)-volcanique initial. Le premier point à souligner est que, compte tenu de leurs rapports Ti/V (fig. 16e) et de l'allure de leurs spectres de terres rares (fig. 17), les amphibolites peuvent être considérées comme d'affinité tholéïtique. Les spectres très plats au niveau des terres rares lourdes et moyennes évoquent les laves de type N-MORB ou E-MORB. Les amphibolites à grenat forment dans le diagramme Ti-V une lignée très nette suggérant une évolution par cristallisation fractionnée. Pour les amphibolites à épidote la dispersion est assez forte suggérant plutôt des taux de fusion variable. Les diagrammes multiélémentaires (fig. 17) montrent que tous les spectres ont une légère anomalie négative en Nb et Ta (sauf un où elle est plus marquée) et un enrichissement en Rb et Ba variable (faible dans les amphibolites à grenat, beaucoup plus variable dans les amphibolites à épidote) suggérant l'influence du recyclage de matériel crustal. Le second point à souligner est que les gneiss à amphibole forment une lignée distincte dans le diagramme Ti-V et présentent des caractéristiques de roches calco-alcalines très nettes (spectres de terres rares très fractionnés, anomalie négative très forte en Nb et Ta). Enfin, on notera que ces caractéristiques sont différentes de celles des basaltes et dolérites de la série du Dja inférieur, de Yokadouma et de Nola (Vicat et *al.*, 1997) et de celles des amphibolites à grenat échantillonnées dans la région de Yaoundé (Owona, 2008). En conclusion, il apparaît que les roches mafiques de la région de Boumnyebel (i) se distinguent par leur variabilité chimique, (ii) que cette variabilité peut traduire soit l'effet de la cristallisation fractionnée, soit celui d'une fusion partielle à taux variables, (iii) présentent toutes une anomalie négative en Nb et Ta traduisant l'influence du recyclage de matériaux crustaux.

Les métagabbros à grenat de Mamb sont interprétés comme un ensemble intrusif synchrone du métamorphisme D2 (Toteu et *al.*, 2006). Nous suivons cette interprétation sur la base d'arguments développés dans le Chap. 3. Les caractéristiques géochimiques et notamment leur rapports Ti/V suggèrent une série continue ayant possiblement évolué par cristallisation fractionnée. Plus caractéristiques sont les spectres de terres rares très fractionnés et les

anomalies négatives en Nb, Ta, Zr et Hf, évocatrices de magmas liés à un environnement magmatique de type convergence de plaque. Ces mêmes caractéristiques apparaissent également clairement dans les spectres de terres rares et multiélémentaires des pyroxénites à amphibole et hornblendites à épidote. Là encore apparaissent donc des évidences du rôle possible du recyclage de matériel crustal. Comme pour les gneiss à amphibole, l'affinité chimique est ici nettement calco-alcaline.

Les caractéristiques chimiques des talcschistes (dont l'origine par transformation de roches ultramafiques ne fait pas de doute pour la majeure partie d'entre eux) sont plus hétérogènes, mêmes si des similitudes semblent assez évidentes avec les roches discutées ci-dessus. Notons en particulier des spectres de terres rares assez plats mais caractérisés par une anomalie en Ce (effet probable de l'altération et du métamorphisme) et les spectres multiélémentaires montrant pour la plupart une anomalie négative en Nb et Ta.

II.3.3. Roches quartzofeldspathiques en filons et sills

La partie basale de la série métamorphique est recoupée par des veines quartzofeldspathiques qui sont absentes dans la partie supérieure. Seuls ont été observés quelques rares sills de métagranites peralumineux dans les micaschistes à grenat. La limite entre ces deux ensembles semble être marquée par des niveaux de talcschiste dont la partie basale est fréquemment recristallisée avec développement d'amphibole porphyroblastique. Cette observation qui reste à être vérifiée plus systématiquement nous conduit à considérer que les talcschistes auraient pu jouer le rôle de niveau imperméable aux fluides hydrothermaux, empêchant leur accès à la partie supérieure de la pile métamorphique.

II.3.4. Conclusion

Les éléments dont nous disposons indiquent la proximité d'une croûte continentale soumise à l'érosion et l'influence de matériel crustal sur la signature géochimiques des roches magmatiques. Les roches vertes de la région de Boumnyebel, jadis considérées par Maurizot et al. (1986) comme étant d'âge archéen inférieur à paléoprotérozoïque sont plutôt d'âge panafricain. A souligner également l'hétérogénéité des signatures géochimiques des roches mafiques suggérant la coexistence de roches de nature tholéiitique (N-MORB, E-MORB) et calco-alcaline. Il est difficile de savoir comment doit être interprétée une telle hétérogénéité qui a d'ailleurs déjà été signalée dans d'autres séries métamorphiques de haute pression (par

exemple Norvège, Martin, 2009). Deux scénarios sont envisageables. Le premier consiste à considérer que les magmas à anomalies négatives en HFSE traduisent l'effet d'un phénomène de subduction en marge d'un continent (bassin d'arrière arc par exemple). Cela semble cohérent avec la présence de roches de nature calco-alcaline (gneiss à amphibole) et avec la mise en place postérieure (synmétamorphique) de roches calco-alcalines (métagabbros à grenat de Mamb). Le second scénario consiste à considérer que les magmas à anomalies négatives en HFSE traduisent une contamination variable de magmas mantelliques par du matériel crustal. Une telle éventualité peut être compatible, soit avec un contexte de type subduction comme envisagée dans le premier scénario, soit avec un contexte de rift avec fragmentation d'un continent plus ancien. Ceci apparaît cohérent avec la présence au nord du craton du Congo de petits blocs continentaux impliqués dans la chaîne panafricaine (domaine Adamaoua-Yadé). Enfin, soulignons que ces deux scénarios ne s'excluent pas mutuellement dans la mesure où la série de Boumnyebel résulte de la mise en place de nappe.

CHAPITRE III.
CONDITIONS ET AGE DU METAMORPHISME

III.1. INTRODUCTION

Le but du présent chapitre est de déterminer les compositions chimiques des principaux minéraux et les relations de phases, afin de définir les conditions de pression et de température du métamorphisme. Il sera aussi question dans ce chapitre d'estimer l'âge du métamorphisme dans la région de Boumnyebel afin de le comparer aux données obtenues pour le groupe de Yaoundé plus vers l'Est. Nous commencerons donc par un rappel des travaux antérieurs. Nzenti et *al.* (1998) considèrent à partir d'une étude thermobarométrique que le pic métamorphique dans le groupe de Yaoundé a atteint les conditions du faciès des granulites de haute pression et de la fusion partielle, avec des estimations de l'ordre de 750-800°C pour la température et de 10-12 kbar pour la pression. Ces conditions sont considérées par les auteurs comme contemporaine d'un évènement D_2 compressif estimé à 565±22 Ma sur la base des données Rb-Sr de Lasserre et Soba (1979), ce qui est discutable au regard des datations plus récentes. Pour Mvondo et *al.* (2003), les conditions P-T du faciès des granulites sont liées à une phase extensionnelle D_2 et sont estimées à 675°C et 9 kbar dans les micaschistes, 800°C et 12 kbar dans les gneiss et de 750°C et 10 kbar dans les pyriclasites de Yaoundé. Owona (2008) propose que le pic métamorphique a atteint, au cours d'une phase D_1, des températures de l'ordre de 833°C et des pressions de l'ordre de 8 kbar. Stendal et *al.* (2006) obtiennent par le thermomètre grenat-biotite des températures variant entre 609 et 623°C et par la calibration de Holland et Powell (1985) des pressions variant entre 9 et 10 kbar dans des micaschistes à grenat-disthène situés à l'ouest de la région de Boumnyebel. Ces auteurs obtiennent par le thermomètre rutile, toujours dans les micaschistes à grenat-disthène de l'ouest de Yaoundé, des températures variant entre 525 et 787°C avec des pics à 612, 675 et 762°C. Ils obtiennent enfin dans les minéraux lourds de la région de Dibang, des températures semblables à celles obtenues dans les micaschistes à grenat-disthène, mais avec des pics à 660, 700 et 780°C. Il apparaît au total un certain accord entre les différentes estimations que nous comparerons aux estimations que nous allons obtenir sur la région de Boumnyebel.

III.2. PARAGENESES ET COMPOSITION DES MINERAUX

Les compositions chimiques des principaux minéraux (pyroxène, amphibole, grenat, olivine, feldspaths, micas, épidote, talc, serpentine, carbonates, chlorite) et de certains minéraux accessoires (scapolite, pyrite, graphite, rutile, oxydes, apatite, sphène, tourmaline) sont présentées ci-dessous avec les associations paragénétiques.

III.2.1. Formations paléoprotérozoïques

Nous avons vu dans le chapitre 2 que les formations paléoprotérozoïques sont constituées d'orthogneiss à biotite et d'amphibolites à grenat. Les relations texturales montrent l'existence de deux paragenèses superposées, consignées dans le tableau XIV ci-dessous.

Tableau XIV. Paragenèses dans l'ensemble des orthogneiss à biotite et amphibolites à grenat paléoprotérozoïques.

Type pétrographique	Paragenèse 1	Paragenèse 2
Orthogneiss à biotite	Pl±Kfs+Qtz+Bt±Hbl±Grt Pl+Kfs+Qtz+Bt	Pl±Kfs+Qtz+Bt+Mu+Ep Pl+Kfs+Qtz+Bt+Mu+Ep
Amphibolite à grenat	Hbl1+Grt1+Pl+Qtz±Cpx±Bt+Mag±Ilm	Hbl2+ Pl+Grt2+Ep±Qtz

Dans les orthogneiss à biotite la paragenèse primaire est essentiellement constituée de quartz, feldspath et biotite (± hornblende, ± grenat). Elle est d'une façon générale caractérisée par des textures granoblastiques traduisant une forte recristallisation, mais elle peut être aussi associée localement à une foliation mylonitique marquée par des quartz en rubans (fig. 37a). La paragenèse secondaire est marquée par la présence de petits cristaux de muscovite se développant sur les cristaux de feldspaths (fig. 37a) et par des cristaux d'épidote se développant sur la biotite (fig. 37d). Il est à noter que des grenats en petits cristaux automorphes apparaissent secondairement sur les feldspaths (fig. 37c). Des relations de phases similaires sont observées dans les amphibolites à grenat associées aux orthogneiss à biotite. A une paragenèse primaire à amphibole, plagioclase, grenat, clinopyroxène, magnétite et ilménite à texture granoblastique (autant que l'on puisse la reconstituer) se superpose une texture coronitique secondaire très caractéristique (fig. 37e, f). Dans cette première paragenèse le grenat est toujours xénomorphe avec des golfes de corrosion.

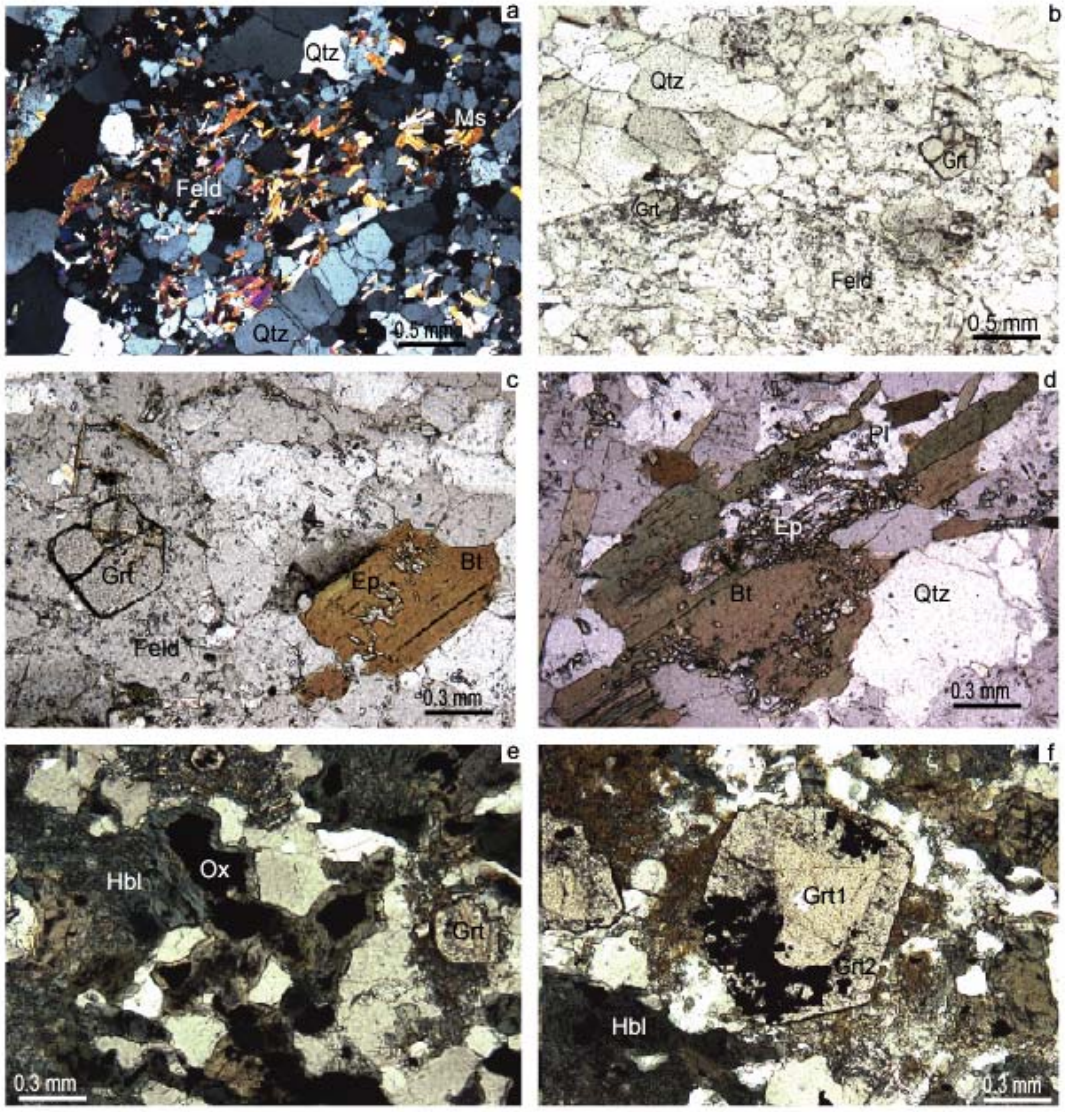


Figure 37. Exemples de relations de phases dans les orthogneiss à biotite (Limoug Lihog) et amphibolites à grenat (Mapan) paléoprotérozoïques à proximité du contact avec les formations panafricaines. **(a)** Orthogneiss à biotite du socle paléoprotérozoïque montrant un assemblage de quartz et de feldspaths à texture granoblastique (avec des restes visibles de texture mylonitique indiquée par les quartz en rubans) sur lequel est surimposé un assemblage constitué de muscovite secondaire (LPA). **(b) et (c)** Exemples de petits grenats automorphes observés dans les orthogneiss à biotite (LP) ; noter dans la photo (c) les surcroissances d'épidote sur le cristal de biotite. **(d)** Exemple de surcroissance d'épidote sur les cristaux de biotite de l'orthogneiss à biotite. **(e) et (f)** Texture coronitique dans les amphibolites à grenat paléoprotérozoïques montrant d'une part des cristaux d'ilménite auréolées de hornblende verte et d'autre part des grenats constitués de deux parties : un coeur à contour xénomorphe sans inclusions et une périphérie automorphe et criblée de petites inclusions et d'inclusions plus grosses d'ilménite, indiquant clairement deux étapes de croissance distinctes.

La seconde paragenèse correspond d'une part à la formation de couronnes d'amphibole autour des oxydes (ilménite et magnétite) et d'autre part à une surcroissance d'une couronne de grenat pœciloblastique autour d'un coeur de grenat xénomorphe et sans inclusion, soit en couronne autour des oxydes. Localement, une couronne externe de fins cristaux d'épidote s'observe autour de l'amphibole secondaire. Nous interprétons ces deux paragenèses comme

les témoins de deux épisodes métamorphiques, l'un paléoprotérozoïque et l'autre panafricain. Ci-dessous nous décrivons la composition des principaux minéraux.

III.2.1.1. Orthogneiss à biotite

Les minéraux analysés sont constitués de plagioclase, orthose, biotite, muscovite, grenat, amphibole, épidote, carbonates, chlorite, ilménite. Les compositions chimiques déterminées à la microsonde électronique sont rassemblées dans une annexe en fin de volume. Les plagioclases (X_{An}= 0.01–0.26, X_{Ab} = 0.72–0.98, X_{Or} = < 0.01) sont essentiellement dans le domaine albite-oligoclase. Dans l'échantillon MK9, la valeur élevée de X_{Or} (0.06), traduit probablement la présence d'exsolution d'orthose dans le plagioclase (péristérite). Les cristaux d'orthose (X_{An}= 0.0, X_{Ab} = 0.08, X_{Or} = 0.92) sont légèrement perthitiques. Les muscovites renferment un peu de FeO (1.45–4.70%) et de MgO (1.21–2.84%). Leur teneur en Na varie de 0.03 à 0.23. Le diagramme de classification des biotites X_{Fe} en fonction de Si (fig. 38d) montre que les micas noirs sont des biotites sauf pour l'échantillon ME2 où il s'agit plutôt de phlogopite. Le X_{Mg} des biotites varient de 0.39 à 0.54 (sauf une valeur à 0.71), mais la majorité des valeurs se situent autour de 0.50. On notera la différence de X_{Mg} entre les échantillons de Mapan plus magnésiens que ceux de Mamb Kellé. La teneur en TiO_2 varie de 1.68 à 2.66% dans les biotites et est de 1.49% dans la phlogopite. L'amphibole est à la limite entre ferro-tchermakite et tchermakite (fig. 38a), avec des teneurs en CaO (11.96%), FeO (17.53%) et MgO (8.57%) caractéristiques. Elle est riche en TiO_2 (1.07%) avec un rapport X_{Mg} = 0.48. Les grenats sont des almandins (60.7–63.5%) riches en grossulaire (21.1–23.4%), avec des proportions de pyrope (7.3–9.6%) et spessartine (4.0–8.8%) plus faibles (fig. 38c). Leurs X_{Mg} varient entre 0.11 et 0.13. Les épidotes ont des teneurs en CaO peu variables (22.13–22.96%) alors que celles en FeO sont plus variables (6.68–11.80%). Leur pourcentage de pistachite varie de 13.7 à 20.0%.

Les carbonates correspondent soit à de la calcite (CaO variant de 58.71 à 61.65%), soit à de l'ankérite (CaO = 28.86–29.41%, MgO = 13.71–14.36% et FeO = 9.75–9.99%). Les oxydes sont représentés par l'ilménite avec X_{ilm} [ilménite/(ilménite + hématite)] = 99.62%. La chlorite est une chamosite (X_{Mg} = 0.59) selon la classification de Deer et *al.* (1992), pauvre en TiO_2 (0.04%) et avec des teneurs en Si et Al_{tot} de 5.43 et 5.49, respectivement.

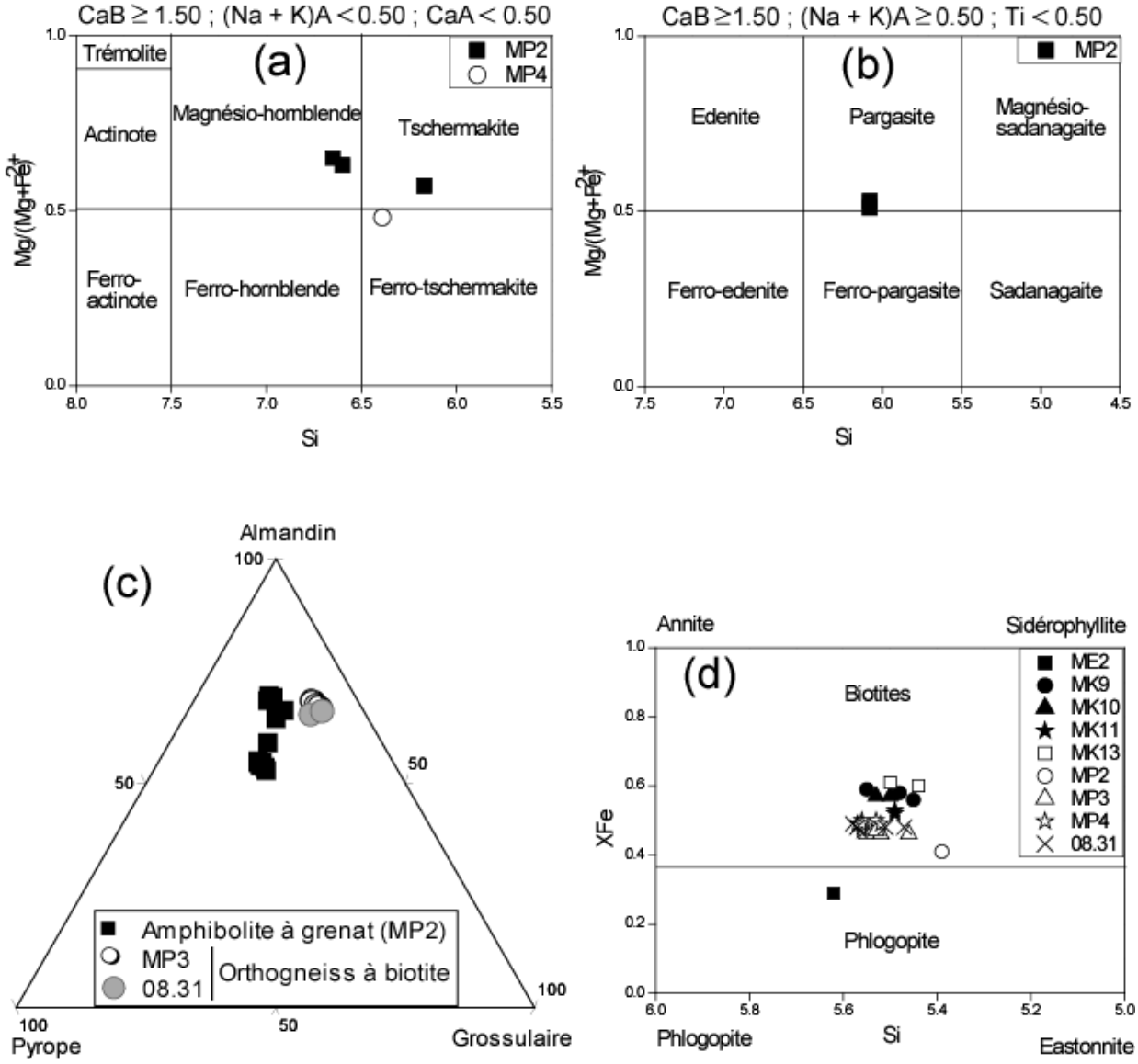


Figure 38. Composition chimique des principaux minéraux des formations paléoprotérozoïques : (a) et (b) diagramme de classification des amphiboles des orthogneiss à biotite (cercle vide) et des amphibolites à grenat (carrées pleins) selon Leake et al. (1979); (c) composition des grenats des amphibolites à grenat et des orthogneiss à biotite dans le triangle Pyrope-Almandin-Grossulaire; (d) composition des biotites des orthogneiss à biotite dans le diagramme de classification XFe en fonction de Si. Les valeurs de Si sont en atomes par formule unité.

III.2.1.2.Amphibolites à grenat

Les amphiboles reportées dans le diagramme de classification (fig. 38.a, b) correspondent à des magnésio-hornblende, pargasite et tchermakite. Si leurs teneurs en CaO (10.93–11.29%) varient peu, celles en FeO (15.45–17.67%) et MgO (7.93–11.47%) sont plus variables. Les valeurs de X_{Mg} (0.51–0.65) et de TiO2 (0.21–1.13%) sont assez variables reflétant probablement la superposition de paragenèses. Les grenats sont des almandins (51.53–

66.26%) pauvres en spessartine (0.79–4.09%) mais presque équitablement riches en pyrope (14.84–25.36%) et grossulaire (13.55–21.27%) (Fig. 38c).

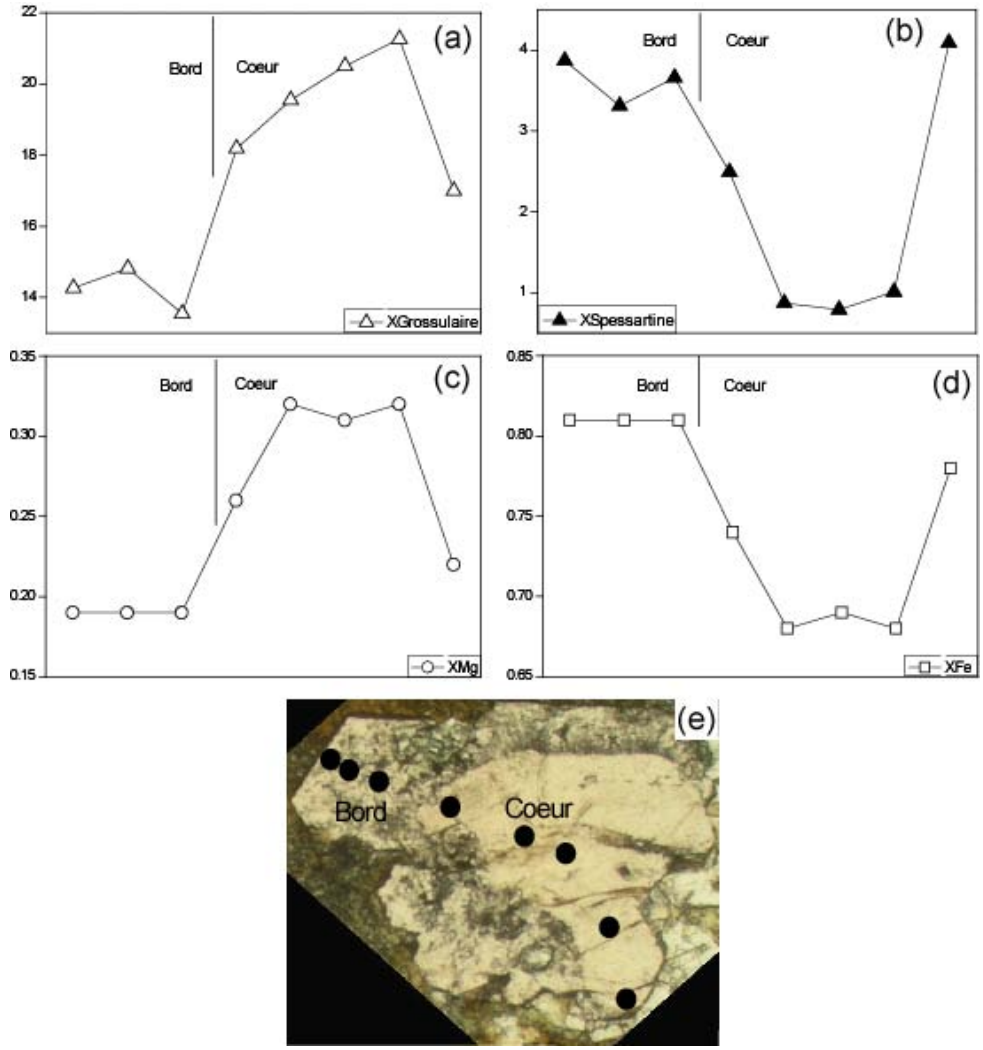


Figure 39. (a), (b), (c) et (d) Profils de composition dans un grenat zoné des amphibolites à grenat paléoprotérozoïques de Mapan. (e) Photo du grenat montrant un coeur xénomorphe sans inclusions et une périphérie automorphe criblée d'inclusions. Les points de la sonde sont indiqués par les points noirs.

Un profil de composition d'un grenat zoné (fig. 39) montre du bord vers le coeur une augmentation du CaO et du MgO qui se traduisent par une augmentation du pourcentage en grossulaire et pyrope et par une diminution corrélative des teneurs en almandin et spessartine. La biotite est magnésienne (X_{Mg} = 0.59), elle renferme 15.64% de FeO et 12.86% de MgO. Le diagramme X_{Fe}-Si (fig. 38d échantillon MP2) montre qu'elle est peu différente des biotites des orthogneiss à biotite. Elle est riche en TiO_2 (2.15%). Les oxydes sont constitués d'ilménite et de magnétite. Les deux sont souvent associés comme on peut le voir en images de microscopie électronique à balayage en électrons rétrodiffusés (fig. 40). Les pourcentages d'ulvöspinel obtenus à partir de ces magnétites sont très variables (0.19-0.46).

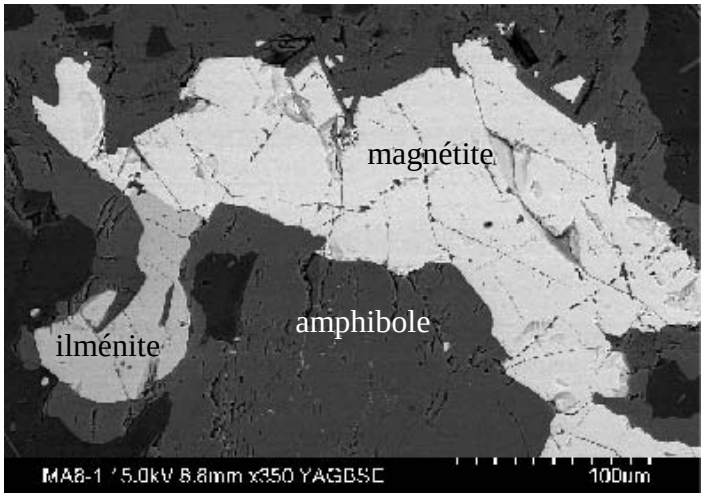


Figure 40. Image MEB en électrons rétrodiffusés des oxydes des amphibolites à grenat paléoprotérozoïques. La couronne d'amphibole autour des oxydes est en sombre.

Notons que la texture coronitique caractéristique des amphibolites paléoprotérozoïques n'a jamais été observée dans les équivalents panafricains, constituant un possible élément de distinction entre les types d'amphiboles (en plus de la composition chimique qui est distincte).

III.2.2. Amphibolites panafricaines et roches associées

Les principales associations minérales des amphibolites à épidote, amphibolites à grenat, gneiss à amphibole et gneiss à biotite sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau XV. Paragenèses des amphibolites panafricaines et roches associées.

Type pétrographique	Paragenèse en inclusion dans le grenat	Paragenèse principale	Paragenèse rétromorphique
Amphibolite à grenat	Qtz+Pl+Ep+Hbl+Spn (inclusion de rt)	Hbl+Pl+Qtz+Grt+Spn±Bt±Ep±Ilm	Ep+Qtz / Chl+Carbonates
Amphibolite à grenat-clinopyroxène	Ep+Hbl+Bt (inclusion de rt)	Hbl+Cpx+Grt+Qtz±Pl+Spn	Ep+Cal
Amphibolite à épidote		Hbl+Pl±Qtz+Spn (rt en inclusion)±Ep	Ep+Qtz / Chl+Carbonates
Gneiss à amphibole		Hbl+Pl+Qtz+Bt±Grt+Spn±Ep±Ilm	
Gneiss à biotite		Pl+Qtz+Or+Bt+Spn+Ep (inclusions d'allanite)	

Les amphibolites à grenat et à grenat-clinopyroxène – A la paragenèse principale à hornblende+plagioclase+quartz+sphène peut s'ajouter le clinopyroxène observé dans un échantillon (BOG3), et l'épidote qui peut être très abondante ou au contraire absente. Le grenat a pour caractéristique de contenir en inclusions les minéraux de la paragenèse principale (Hbl, Pl, Qtz, Ep, Spn) suggérant qu'il se développe sur une paragenèse à hornblende + plagioclase + sphène ± épidote. Dans le diagramme Wo-En-Fs (fig. 42a), le clinopyroxène est à la limite des champs diopside-wollastonite avec des valeurs de Wo (0.49–0.50), En (0.36–0.37) et Fs (0.14) qui varient très peu. Leurs teneurs en CaO sont de 23.55 à 23.91%) et la valeur du X_{Mg} est de 0.42. Les teneurs en FeO (10.80-19.01%), MgO (5.07-11.36%) et surtout CaO (10.39-12.30%) des amphiboles montrent que ce sont des amphiboles calciques, essentiellement des tschermakites (fig. 42c, d) mais aussi des pargasites, magnésio-hornblende, voire des ferro-tschermakites et des edenites-pargasites. Leurs valeurs de X_{Mg} (0.51-0.68) sont assez variables. Les grenats sont des almandins (45.9–63.1%) riches en grossulaire (17.5–38.9%), avec des teneurs variables en pyrope (5.2–24.5%) et faibles en spessartine (0.6–12.6%) comme le montre le diagramme Alm-Pyr-Gro (fig. 42b). Les valeurs de X_{Mg} (0.09–0.34) sont assez variables. Le grenat peut être zoné comme le montre un exemple de grenat provenant d'une amphibolite de Bibodi (fig. 43). On notera la décroissance des teneurs en grossulaire et spessartine du coeur vers le bord, en opposition avec la variation des teneurs en almandin et pyrope qui augmentent dans la même direction.

Les plagioclases (X_{An}= 13.9–43.6, X_{Ab} = 56.0–95.7, X_{Or} < 0.1) sont l'oligoclase et l'andésine. Les épidotes ont un pourcentage de pistachite variant de 2.12 à 16.15%. Certaines ont un coeur constitué d'allanite métamicte. Les micas ont des compositions situées à la limite biotite-phlogopite dans le diagramme de classification (fig. 42e) avec des X_{Mg} variant de 0.47 à 0.59. Les phlogopites qui appartiennent toutes à l'échantillon PN3, ont un X_{Mg} qui varie de 0.63 à 0.68. Les teneurs en TiO_2 sont un peu plus élevées dans les biotites (1.55 à 2.14%) que dans les phlogopites (1.40-1.82%), mais la différence reste peu significative. Les chlorites correspondent à la chamosite (X_{Mg} = 0.62–0.65%) et au clinochlore (X_{Mg} = 0.29–0.37) (Deer et *al.*, 1992). Les valeurs de Si et Al_{tot} sont respectivement de 5.25–5.26 et de 5.62–5.75 pour les clinochlores et de 5.39–5.65 et de 4.99–5.37 pour les chamosites. La calcite renferme 58.60% de CaO et contient un peu de MgO (1.33%). Le rutile est constitué de 98.83% de TiO_2. Le sphène est constitué de 38.11 à 39.26 % de TiO_2 et de 28.06 à 28.95% de CaO.

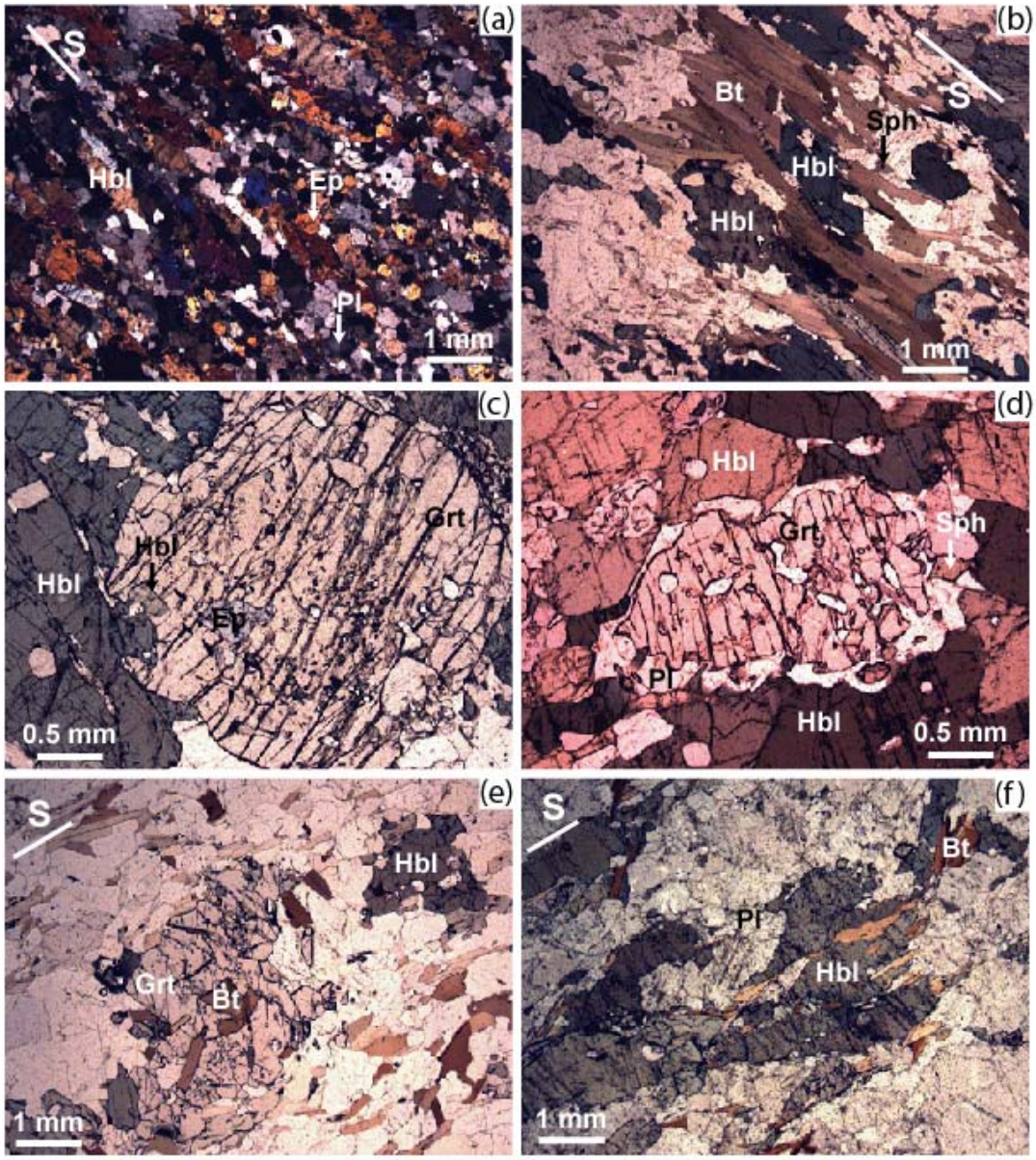


Figure 41. Microphotographies des amphibolites panafricaines et roches associées. **(a)** Assemblage à hornblende, plagioclase, épidote et quartz dans une amphibolite à grenat de Bibodi ; noter les quartz en rubans marquant la foliation. **(b)** Biotite marquant la foliation dans une amphibolite à grenat de Mamb Kéllé ; la texture suggère que la biotite apparaît postérieurement à la hornblende, mais les deux phases sont en équilibre. **(c)** Inclusions de hornblende et épidote dans un grenat des amphibolites à grenat de Bibodi. **(d)** Couronne de plagioclase autour du grenat dans une amphibolite à grenat de Mamb Kéllé ; à noter le sphène qui est associé à la couronne d'oligoclase. **(e)** Inclusions de biotite dans un grenat dans un gneiss à amphibole de Boga. **(f)** Schistosité marquée par l'amphibole et la biotite et développement de la biotite aux dépens de l'amphibole dans un gneiss à amphibole de Ngog Bassong.

Les amphibolites à épidote ─ La paragenèse principale est à hornblende + plagioclase + quartz + sphène + épidote, auxquels peut s'ajouter la biotite. Les amphiboles correspondent à des tschermakites, des magnésio-hornblendes et des pargasites avec un échantillon qui tombe dans le champ de l'actinote (fig. 42c, d). Elles sont magnésiennes (X_{Mg} = 0.53–0.77). Les biotites sont magnésiennes (X_{Mg} = 0.54–0.65) et se situent à la limite biotite-phlogopite dans le diagramme X_{Fe}-Si (fig. 42e). Elles ne diffèrent donc pas de celles des amphibolites à grenat. Les teneurs en TiO_2 (1.13–2.87%) des biotites des amphibolites à épidote sont légèrement plus élevées que celles des biotites des amphibolites à grenat (1.55–2.14%). Les plagioclases (X_{An} = 0.14-0.28, X_{Ab} = 0.71–0.86, X_{Or} < 0.01) sont des oligoclases. Seul l'échantillon MK6 renferme en plus des oligoclases, une albite (X_{An} = 0.04, X_{Ab} = 0.96, X_{Or} < 0.005).

Les gneiss à amphibole ─ La paragenèse principale est à hornblende+plagioclase+quartz auxquels peuvent être associés le grenat, la biotite, le sphène et l'épidote. Cette dernière se présente en petits cristaux inclus dans le grenat, mais aussi en baguettes subautomorphes tardives formant une symplectite avec le quartz. La chimie des minéraux dans les gneiss à amphibole à été faite sur les minéraux suivants : grenat, amphibole, biotite, plagioclase, épidote, sphène et apatite. Les grenats sont des almandins (50.3–58.3%) riches en grossulaire (20.8–32.7%) et pyrope (10.9–14.1%) et pauvres en spessartine (3.7–6.9%) et andradite (0.2–1.6%) (fig. 40b). Leurs X_{Mg} varient de 0.17 à 0.20.

Les amphiboles sont riches en CaO (11.01–11.89%) et moyennement riches en FeO (14.61–16.44%) et MgO (9.45–10.75%). Ce sont des tschermakites et des pargasites auxquelles est associée une magnésio-hornblende (fig. 42c, d). Leurs X_{Mg} varient de 0.55 à 0.70. Les biotites ont des pourcentages en FeO (16.30–17.31%) et MgO (12.04–12.60%) qui varient peu avec des X_{Mg} de 0.56 à 0.57 (fig. 42e). Les teneurs en TiO_2 sont moyennes (2.37–2.60%). Les plagioclases (X_{An} = 0.17–0.32, X_{Ab} = 0.68–0.83, X_{Or} < 0.01) sont des oligoclases et des andésines. Les épidotes sont presque toutes zonées. Le profil réalisé dans une épidote de l'échantillon NS2 (Nsimé-Kellé ; fig. 44) montre du bord vers le coeur une augmentation de SiO_2 et Al_2O_3 et une diminution de CaO et MnO. Pour le CaO, on note plutôt un appauvrissement dans la partie intermédiaire et un enrichissement au bord et au coeur de l'épidote. La proportion de pistachite varie de 15.9 à 20.0%. L'apatite contient 55.58% de CaO et 3.68% de fluor.

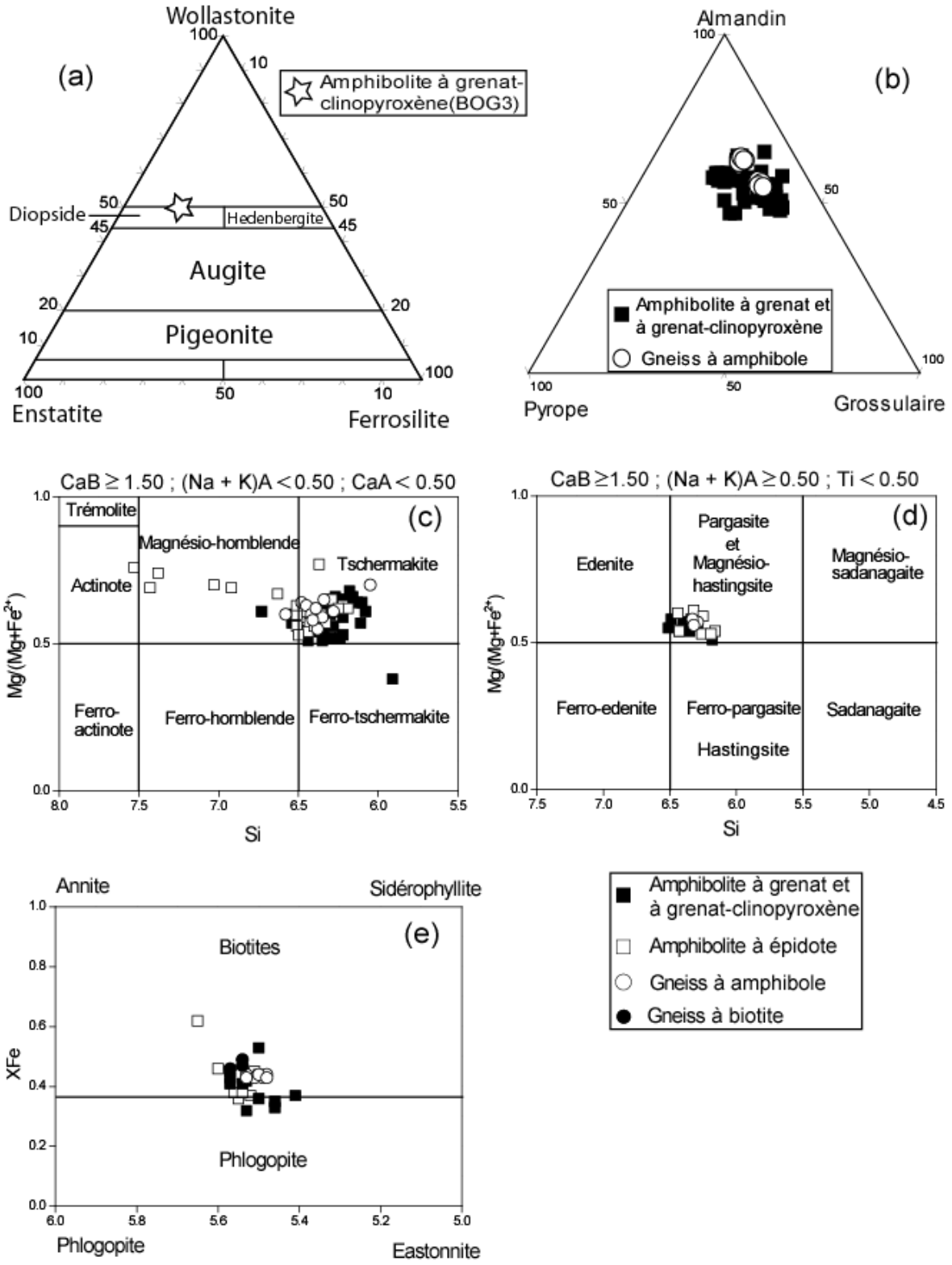


Figure 42. Composition chimique des minéraux essentiels des amphibolites, gneiss à amphibole et gneiss à biotite panafricaines dans différents diagrammes de nomenclatures des minéraux. (a) diagramme En-Wo-Fs (Morimoto et *al.*, 1988); (b) diagramme Pyr-Alm-Gro; (c) et (d) classification des amphiboles (Leake et al., 1997); (e) nomenclature des biotites dans le diagramme X_{Fe}-Si.

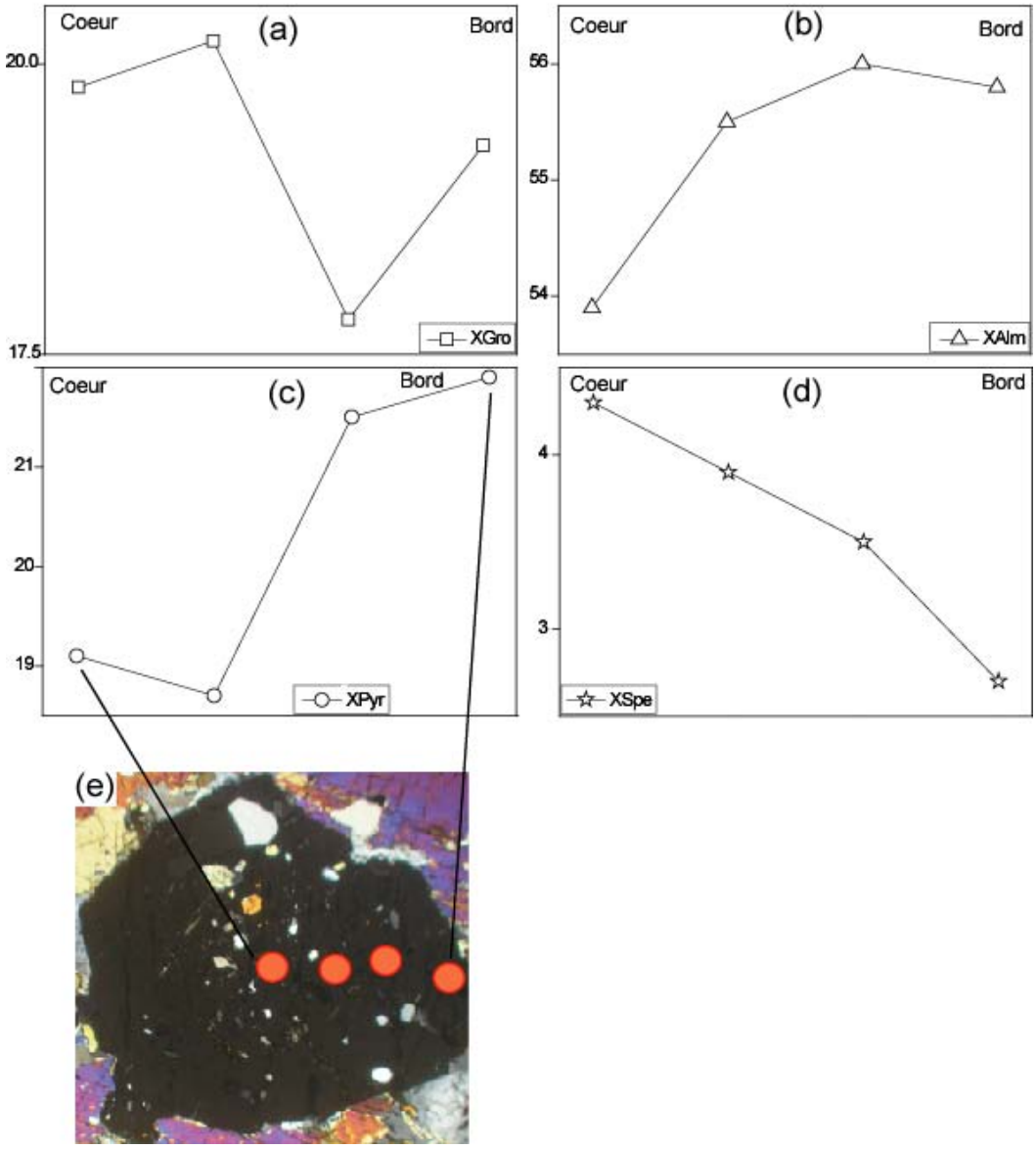


Figure 43. Profils de zonation dans un cristal de grenat d'une amphibolite à grenat de Bibodi. Les points correspondent aux impacts du faisceau de la microsonde.

Les gneiss à biotite — L'assemblage dominant à plagioclase + quartz + orthose + biotite + épidote + sphène. Les biotites sont faiblement magnésiennes (X_{Mg} = 0.51–0.54) (fig. 42e). Leurs teneurs en TiO_2 est peu différente de celles des amphibolites de la région d'étude (2.10-2.73%). Les plagioclases (X_{An} = 0.14–0.18, X_{Ab} = 0.81–0.86, X_{Or} < 0.01) sont des oligoclases. Les épidotes contiennent 15.37 à 17.84% de pistachite. L'apatite renferme 55.58% de CaO et 3.38% de fluor.

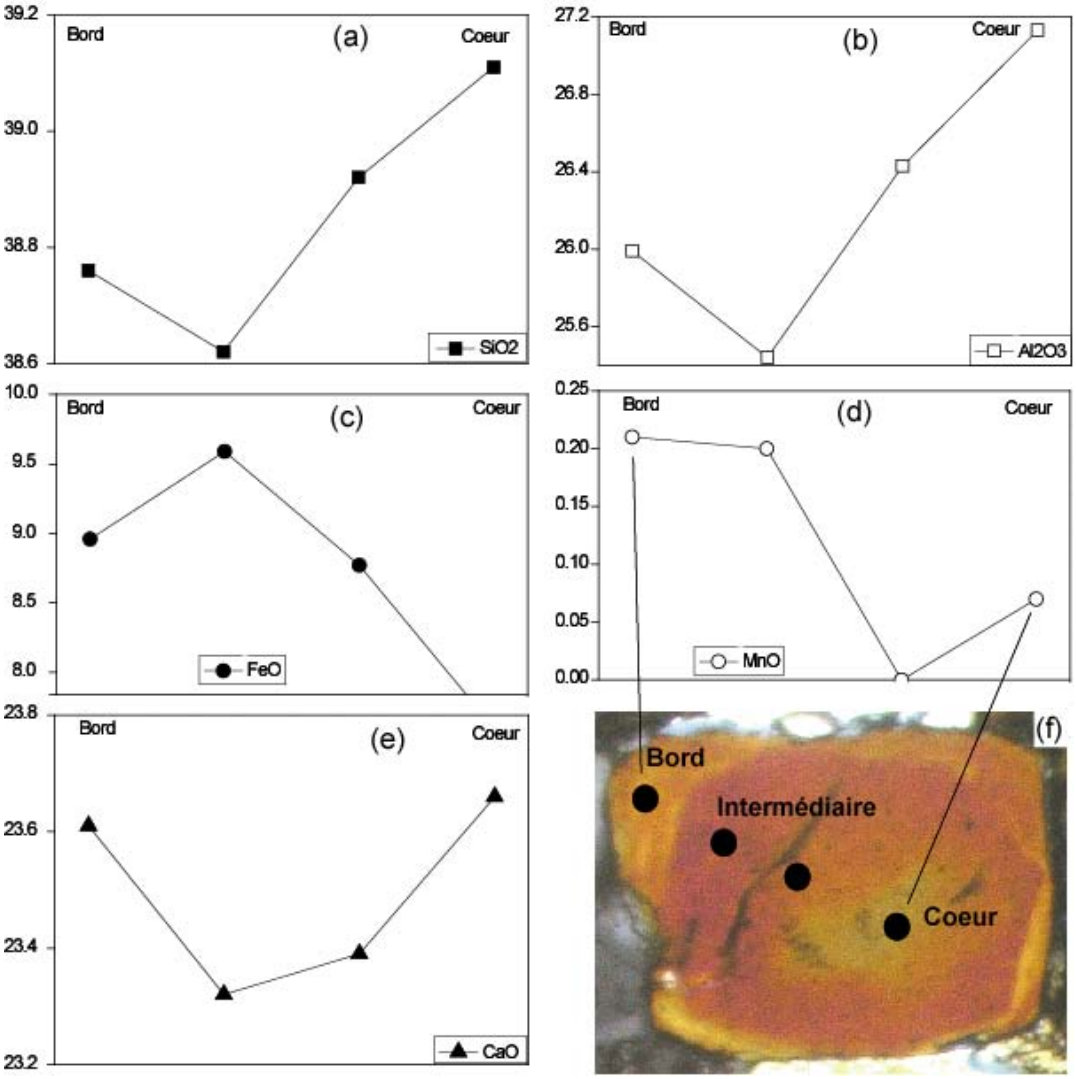


Figure 44. Profil de zonation d'une épidote dans les gneiss à amphibole de Nsimé-Kellé. Les points correspondent aux impacts du faisceau de la microsonde.

III.2.3. Roches mafiques et ultramafiques

Les principales associations minérales des roches mafiques et ultramafiques sont consignées dans le tableau ci-dessous. Celles des roches associées (marbres à dolomite, épidotites, actinotites et pegmatites) sont également présentées.

Tableau XVI. Paragenèses des roches mafiques et ultramafiques.

Type pétrographique	Paragenèse précoce	Paragenèse principale	Paragenèse rétromorphique
Métagabbros à grenat (Mamb)	Pl+Hbl±Bt±Cal	Pl+Hbl+Bt±Grt+Ep±Ox±Sca	Ep, Bt verte, Mu, Chl
Hornblendite à biotite (Mamb)	Hbl±Pl	Hbl+Bt+Ep±Pl+Ox	
Biotitite à amphibole-grenat (Mamb)	Bt+Ep (coeur d'allanite)+Trm	Grt+Bt+Scp+Ep±Pl+Qtz	Chl
Hornblendite à épidote	Qtz-Bt-Cal-Chl	Hbl-Pl-Ep-Qtz-Cal±Ap	Ep
Pyroxénites à hornblende	Opx+Cpx+Hbl(coeur)	Opx+Cpx+Hbl(bord)	
Clinopyroxénite à actinote	Cpx	Cpx+Act	
Orthopyroxénite à anthophyllite	Opx+Chr	Opx+Chr+Ath+Mgs	
Chloritoschiste à dolomite	Chl±Chl	Tlc+Dol	
Talcschiste à magnésite-olivine		Tlc+Ol+Mgs±Ath	Chl
Talcschiste à trémolite		Tlc+Tr+Py	
Talcschiste à dolomite	Chl+Dol	Tlc+Dol+Ath	
Marbre à dolomite	Dol+Chl	Dol+Tlc+Ath	Chl
Serpentinite à talc		Tlc	Srp+Chl+Mag
Trémolitite à anthophyllite		Tr+Ath+Tlc+Ilm Trem+Cal	
Epidotite à actinote-biotite		Ep+Bt+Act+Pl+Spn+Cal+Qtz	

Les métagabbros à grenat (Mamb) — Les minéraux suivants ont été analysés à la microsonde électronique : grenat, amphibole, biotite, muscovite, plagioclase, épidote, scapolite, calcite, ilménite et rutile. Les données analytiques sont rassemblées en annexe. Les plagioclases (X_{An} = 0.21–0.40, X_{Ab} = 0.60–0.80, X_{Or} = < 0.01) sont des oligoclases et des andésines. Si le terme de métadiorite apparaît devoir être utilisé si l'on se réfère à la composition du plagioclase, il faut considérer que le développement de nombreux cristaux d'épidote sur le plagioclase a conduit à une baisse des teneurs en anorthite du plagioclase

initial. La roche primaire était probablement un gabbro. Pour des raisons de cohérence avec les travaux antérieurs nous avons gardé la dénomination « métagabbros ».

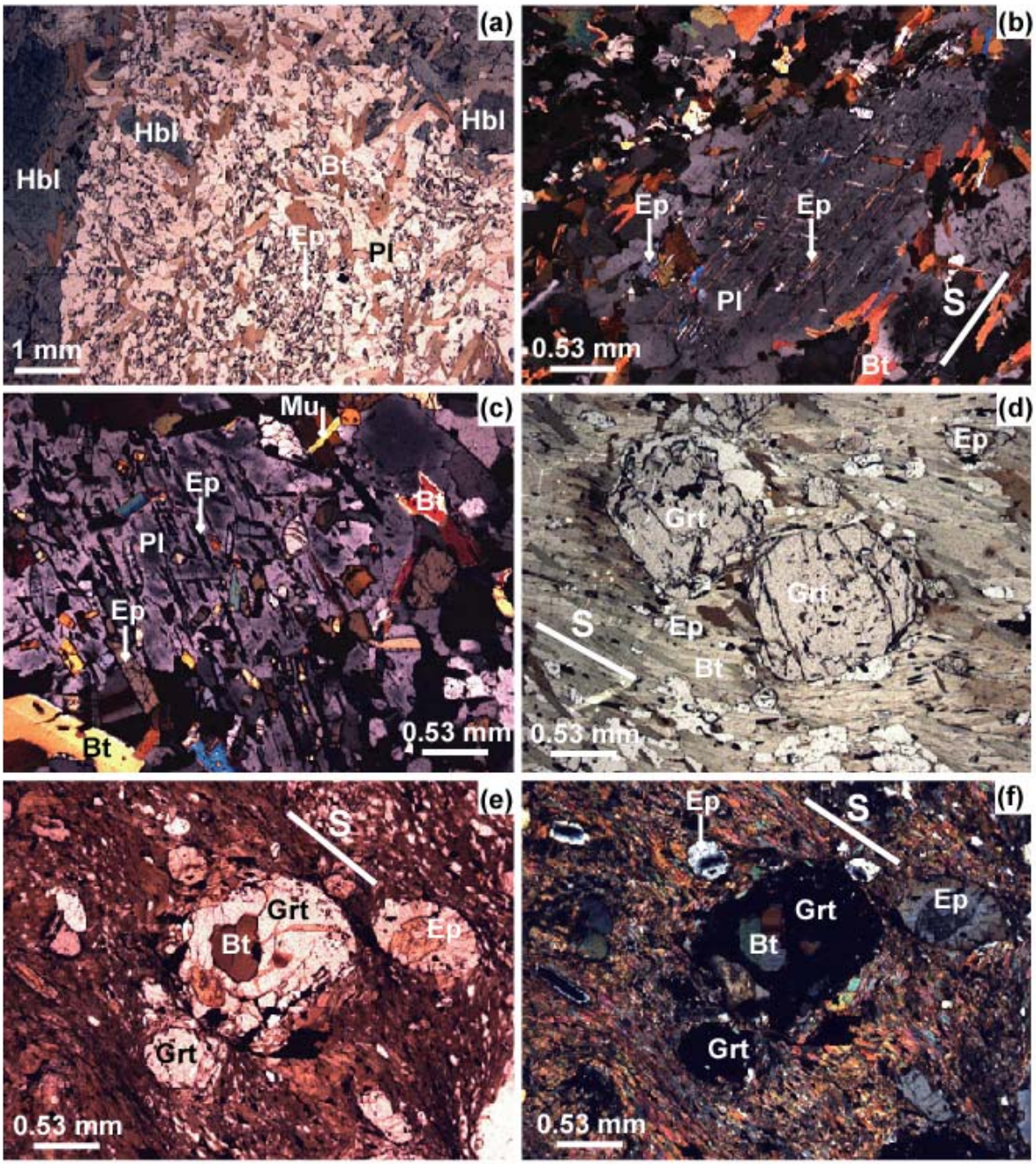


Figure 45. Microphotographies des assemblages minéraux dans les métagabbros à grenat de Mamb. **(a)** Développement de l'épidote et des micas (muscovite et biotite) sur le plagioclase. **(b)** Développement de l'épidote et des micas selon les directions cristallographiques du plagioclase. **(c)** Vue agrandie montrant le développement de l'épidote et de la muscovite sur le plagioclase. **(d)** Porphyroblastes de grenat post-schisteux dans les biotitites à amphibole-grenat. **(e)** et **(f)** (LN et LPA) Porphyroblaste de grenat et cristaux d'épidote dans les biotitites à amphibole-grenat; noter la présence de la biotite en inclusion dans le grenat et de l'épidote en couronne autour de l'allanite.

Les plagioclases peuvent être zonés et montrer par exemple une bordure d'andésine (X_{An} = 0.30, X_{Ab} = 0.70) et une partie intermédiaire faite d'oligoclase riche en orthose (X_{An} = 0.14, X_{Ab} = 0.76, X_{Or} = 0.10) comme dans l'échantillon MA5. La scapolite est présente localement ; elle est constituée de 28.8% de Méionite. Les amphiboles sont essentiellement des tschermakites auxquelles s'ajoutent quelques pargasites (fig. 46d, e). Leurs X_{Mg} varient de 0.55 à 0.62. Les biotites (fig. 46c) présentes en abondance, sont magnésiennes (X_{Mg} = 0.50-0.62) avec des teneurs en TiO_2 variant de 1.57 à 2.98%, la majorité des valeurs étant concentrées autour de 2.2%. Les grenats (fig. 46b) sont des almandins (56.6–65.9%) riches en grossulaire (18.0–24.8%) et pyrope (13.2–18.6%), mais pauvres en spessartine (0.1–4.4%) et andradite (< 3.1%). Leurs X_{Mg} (0.17-0.23) sont assez homogènes. Les muscovites sont riches en FeO (2.47-3.50%), MgO (0.97-1.53%) et TiO_2 (0.21-0.71%), elles sont impures. Leurs valeurs de X_{Mg} varient de 0.38 à 0.47. Les épidotes ont des teneurs en FeO variant de 5.7 à 10.6% et en CaO de 22.23 à 23.51%. Les carbonates sont des calcites (CaO = 53.96 à 54.92%). Les oxydes sont des ilménites (X_{ilm} [ilménite/(ilménite+hématite)] = 0.89).

Les hornblendites à biotite ─ Les amphiboles sont des pargasites, tschermakites et magnésio-hornblendes (fig. 46d, e). Leurs X_{Mg} varient de 0.58 à 0.70. Les biotites sont pour l'essentiel des phlogopites (fig. 46c) avec des X_{Mg} de 0.62 à 0.67. Le plagioclase occasionnel est un oligoclase (X_{An} = 0.22, X_{Ab} = 0.78). Les épidotes ont des compositions assez homogènes (CaO = 23.10–23.67%; Al_2O_3 = 26.78–28.30% et FeO = 5.96–7.87%). La magnétite a une teneur de 85.25% de FeO et renferme 13% d'ulvöspinel.

Les biotitites à amphibole-grenat ─ Les biotites sont moins magnésiennes (X_{Mg} = 0.54–0.56) que celles des hornblendites à biotite ci-dessus décrites (fig. 46c). Les plagioclases sont des oligoclases et des andésines (X_{An} = 0.19–0.33, X_{Ab} = 0.66–0.81, X_{Or} < 0.01). Les scapolites des biotitites à amphibole-grenat sont presque trois fois plus riches en CaO (14.99–16.09%) que celles des métagabbros. Leurs teneurs en Méionite varient de 63.1 à 67.9%.
Les épidotes ont des teneurs en FeO (8.44–8.85%) et CaO (22.61–23.12%) qui varient peu. Leurs teneurs en SiO_2 (37.57–38.54%) et Al_2O_3 (25.65–26.28%) sont typiques des épidotes.

Les hornblendites à épidote ─ Les hornblendes sont des tschermakites (fig. 46d) avec des X_{Mg} variant de 0.67 à 0.71. Les épidotes sont des clinozoïsites (SiO_2 = 39.48–39.52%; Al_2O_3 = 32.35–32.75%; FeO = 1.32–1.45% et CaO = 24.39–24.72%).

Les pyroxénites à hornblende ─ Les orthopyroxènes (fig. 46a) sont des enstatites (X_{En} = 0.67–0.79; X_{Fo} = 0.16–0.31, X_{Wo} < 0.05). La majorité des orthopyroxènes sont zonés, ils présentent au bord et au coeur des variations faibles à moyennes des teneurs en SiO_2, Al_2O_3, FeO, MgO, CaO et TiO_2. L'exemple d'un orthopyroxène de l'échantillon MA13 est assez illustratif, où on a :

- au coeur 54.67% de SiO_2, 0.04% de TiO_2, 2.36% de Al_2O_3, 18.15% de FeO, 24.28% de MgO et 2.35% de CaO et
- au bord 51.33% de SiO_2, 1.47% de TiO_2, 2.83% de Al_2O_3, 19.32% de FeO, 23.70% de MgO et 0.49% de CaO.

Les clinopyroxènes (fig. 46a) se localisent à proximité du champ diopside (X_{En} = 0.44–0.48; X_{Fo} = < 0.04, X_{Wo} = 0.44–0.52). Ils sont également zonés. Par exemple, un clinopyroxène de l'échantillon MA13 montre une légère variation de composition du coeur vers la bordure de FeO (coeur: 5.85%, intermédiaire: 5.89%, bord: 5.34%), MgO (coeur: 14.34%, intermédiaire: 13.81%, bord: 14.75%) SiO_2 (coeur : 53.04, partie intermédiaire : 52.53, bordure : 53.89%) et CaO (coeur: 22.22%, intermédiaire: 22.47%, bord: 22.38%). Pour Al_2O_3, les teneurs baissent du coeur (3.86%) vers le bord (3.10%). Les amphiboles (X_{Mg} = 0.76–0.84) sont essentiellement des magnésio-hornblendes et des pargasites. Certaines amphiboles tombent à la limite magnésio-hornblende et tschermakite et d'autres à la limite edenite et pargasite (fig. 46d, e). Dans l'échantillon MA13, certaines amphiboles sont zonées. La zonation y est caractérisée par des variations de SiO_2 (coeur: 45.55%, intermédiaire: 45.22%, bord: 46.46%), Al_2O_3 (coeur: 13.11%, intermédiaire: 12.10%, bord: 12.71%), FeO (coeur: 10.26%, intermédiaire: 8.75%, bord: 8.82%) et CaO (coeur : 11.66, intermédiaire : 11.85, bord : 11.55%). Les plagioclases, peu abondants, sont des andésines (X_{An} = 0.33, X_{Ab} = 0.63, $X_{Or} \leq$ 0.01). L'échantillon MA13 montre un plagioclase zoné, constitué d'un bord à composition d'oligoclase (X_{An} = 0.29, X_{Ab} = 0.71) et d'un coeur à composition d'andésine (X_{An} = 0.40, X_{Ab} = 0.59). Les phlogopites ont des X_{Mg} qui varient de 0.77 à 0.80. Leurs teneurs en TiO_2 (3.77–3.95%) et BaO (2.06–2.27%) sont assez élevées.

Les clinopyroxénites à actinote ─ Les clinopyroxènes à actinote (fig. 46a), très magnésiens (X_{Mg} = 0.86–0.92), sont proches du pôle diopside (X_{En} = 0.43–0.47; X_{Fs} = 0.04–0.06, X_{Wo} = 0.49–0.51) et ne diffèrent pas des clinopyroxénites des pyroxénites à hornblende (X_{En} = 0.44–0.48; X_{Fs} = < 0.04, X_{Wo} = 0.44–0.52). Les amphiboles sont des magnésio-hornblendes et des actinotes avec des X_{Mg} de 0.82 à 0.88.

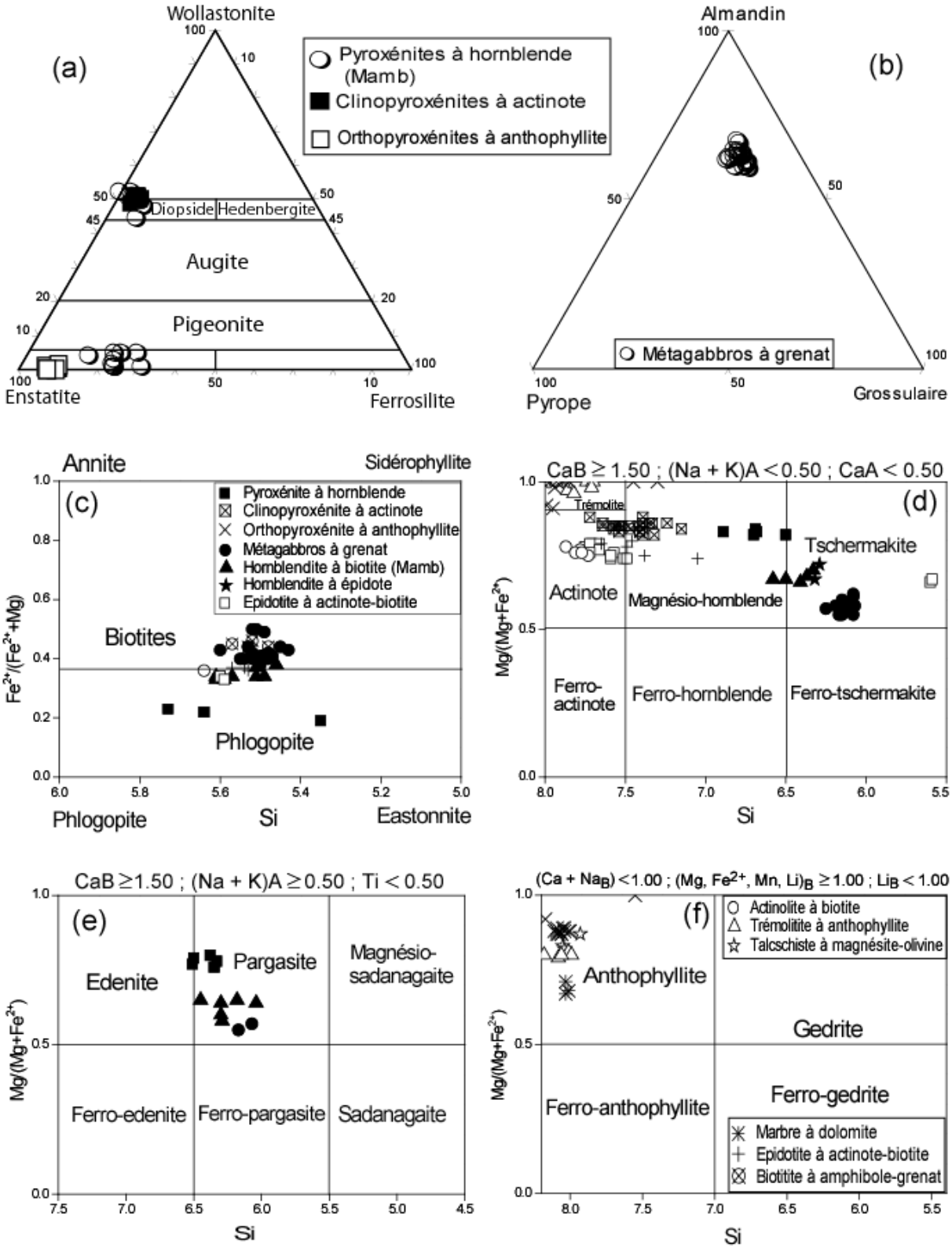


Figure 46. Composition chimique des minéraux essentiels des roches mafiques et ultramafiques et des roches associées dans différents diagrammes de nomenclatures des minéraux : **(a)** diagramme En-Wo-Fs (Morimoto et *al.*, 1988); **(b)** diagramme Almandin-Pyrope-Grossulaire; **(c)** nomenclature des biotites dans le diagramme XFe-Si; **(d), (e)** et **(f)** classification des amphiboles (Leake et *al.*, 1997).

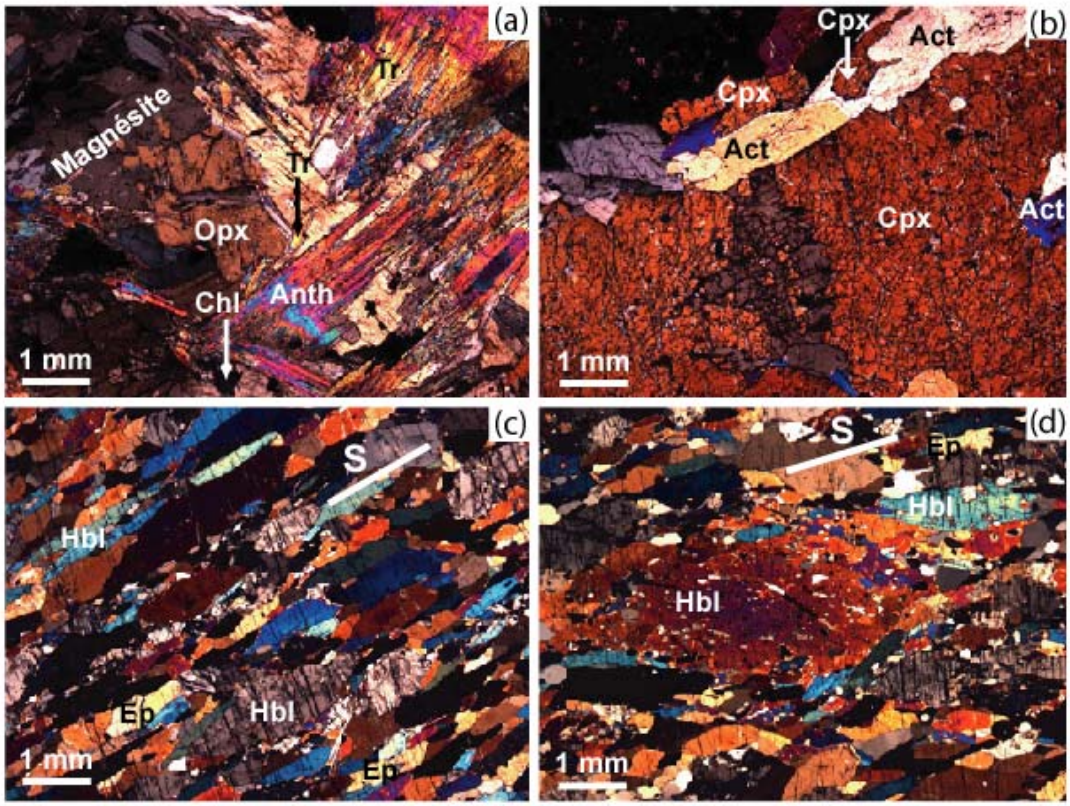


Figure 47. Microphotographies des assemblages de minéraux dans les pyroxénites et hornblendites à épidote. **(a)** Développement de l'anthophyllite, de la trémolite et de la chlorite sur l'orthopyroxène (enstatite) et la magnésite dans les orthopyroxénites à anthophyllite de Tayap (sud-est de la carte). **(b)** Développement de l'actinote aux limites de grains de clinopyroxène dans les clinopyroxénites à actinote de Tayap. **(c)** Assemblage à hornblende et épidote soulignant la schistosité dans les hornblendites à épidote de Ngog Tos (nord-est de la carte). **(d)** Porphyroblaste de hornblende moulé dans la schistosité par des cristaux plus petits de hornblende dans les hornblendites à épidote de Ngog Tos.

Les orthopyroxénites à anthophyllite – L'assemblage minéralogique est constitué d'orthopyroxène auquel s'ajoutent l'anthophyllite, la trémolite, la chlorite, la magnésite et les chromites. Les orthopyroxènes sont des enstatites (X_{En} = 0.90–0.92; X_{Fs} < 0.1, X_{Wo} < 0.005) (fig. 46a) avec des X_{Mg} qui varient de 0.90 à 0.92. Les anthophyllites (X_{Mg} = 0.87–0.92; fig. 46f) ont des teneurs assez variables en FeO (4.6–8.0%) et MgO (28.6–34.2%). Les trémolites (X_{Mg} = 0.91–1.00; fig. 46d) ont également des teneurs assez variables en FeO (2.1–6.1%), MgO (21.4–29.2%) et CaO (3.2–12.6%). Les chlorites sont riches en chrome (Cr_2O_3 = 2.87–3.11%) avec des valeurs de X_{Mg} (0.96–0.97) qui ne varient presque pas. La magnésite (MgO = 43.26 à 47.10%) est riche en FeO (4.12–6.68%), correspondant donc à une solution solide magnésite-sidérite. La chromite analysée comprend au coeur et au bord respectivement : 54.90% et 55.24% de Cr_2O_3, 25.39% et 25.05% de FeO, 10.57% et 10.99% d'Al_2O_3. Elle est riche en MgO (6.51% au coeur et 5.95% au bord).

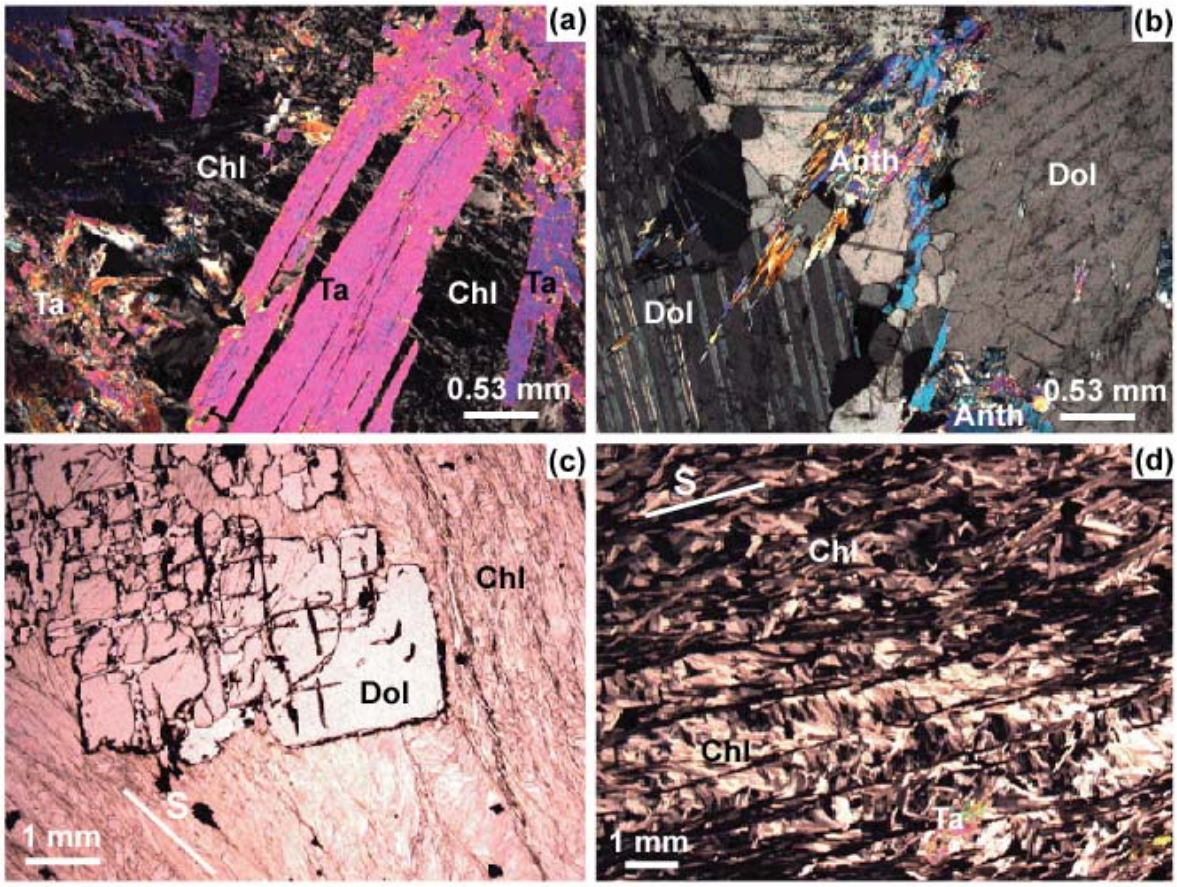


Figure 48. Microphotographies des minéraux dans les talcschistes et marbres à dolomite de Henguégué. **(a)** Grands cristaux de talc poussant sur une matrice à cristaux de chlorite dans les marbres à dolomite. **(b)** Anthophyllite en petites gerbes se développant sur les grands cristaux de dolomite dans les marbres à dolomite. **(c)** Grands porphyroblastes de dolomite poussant sur une matrice à cristaux de chlorite soulignant la schistosité dans les chloritoschistes à dolomite associées aux marbres à dolomite. **(d)** Chlorite soulignant deux schistosités dans les chloritoschistes à dolomite; noter la présence de lamelles de talc post-schisteux.

Les talcschistes ─ La nature et la composition des phases constituant les talcschistes ont déjà fait l'objet de descriptions détaillées (Nkoumbou et *al.*, 2006a,b; 2008a,b). Nous présentons donc ici quelques données complémentaires. Seuls les talcschistes à magnésite-olivine et les talcschistes à trémolite ont fait l'objet d'analyse à la microsonde électronique. Les teneurs en FeO du talc sont parfois élevées (≤ 10%) et les éléments mineurs sont le Al_2O_3, NiO et le Cr_2O_3 (en moyenne 0.25, 0.20 et 0.10 respectivement). Les olivines sont toutes magnésiennes (16 à 17% de Fayalite ; X_{Mg} = 0.83–0.84) qui varie peu. L'anthophyllite (fig. 46f), associée la trémolite, est la principale amphibole présente (X_{Mg} variant de 0.82 à 0.87). La trémolite (fig. 46d) renferme 2.51% de FeO, 23.25% de MgO et 12.49% de CaO, avec un X_{Mg} égal à 0.94. Elle est sodique (Si > 7.5; Mg#: 0.9-0.8, Na > 0.25). Les teneurs en FeO (4.66–4.71%) et MgO (45.01-46.01%) de la magnésite varient très peu et sont proches de celles des magnésites des orthopyroxénites à anthophyllite (MgO = 43.26–47.10%; FeO=4.12–6.68%).

Les chlorites (clinochlore) sont magnésiennes (X_{Mg} = 0.94–0.96) et chromifères (1.56–3.20% de Cr_2O_3). Les spinelles sont la chromite (40-60% de Cr_2O_3) ou la magnétite.

La serpentinite à talc ─ L'antigorite, minéral secondaire se développant au détriment du talc, est riche en MgO (33.67–34.55%) et FeO (6.62–7.34%) et pauvre en Cr_2O_3 (0.32–0.47%). Sa teneur en SiO_2 varie de 41.20 à 42.54%. Le talc est riche en MgO (28.11–29.44%) avec peu de FeO (1.90–1.96%). La proportion de SiO_2 varie de 63.04 à 64.28%. Le pourcentage d'ulvöspinel dans la magnétite est de 38%. La chlorite a un X_{Mg} de 0.87.

Les marbres à dolomite ─ La dolomite est riche en MgO (19.89–20.48%) et CaO (30.43-31.49%) avec des teneurs en FeO (2.51–3.25%) non négligeables. Le talc renferme 27.82 à 28.32% de MgO avec des quantités limitées de FeO (2.65–2.86%). L'anthophyllite est la seule amphibole (fig. 46f), elle comprend 16.73–18.90% de FeO et 21.30–22.86% de MgO, avec un X_{Mg} variant de 0.67 à 0.71. La chlorite est assez riche en Cr_2O_3 (1.43–1.53%) avec un X_{Mg} peu variable (0.80–0.81).

La trémolitite à anthophyllite ─ La trémolite (fig. 46d) est riche en MgO (21.07–22.88%) et CaO (11.89–12.63%) avec un X_{Mg} variant de 0.96 à 1.00. L'anthophyllite (fig. 46f) a un X_{Mg} peu variable (0.79–0.81). L'ilménite renferme un peu de MgO (0.98–1.0%) avec un pourcentage d'ilménite variant de 91.23 à 92.23%.

L'actinotite à biotite ─ L'actinote (fig. 46d) a un X_{Mg} variant de 0.75 à 0.76. Certains cristaux montrent une faible variation des teneurs du coeur vers le bord (par exemple MgO variant de17.39% à 16.69%, Al_2O_3 de 1.74% à 2.79%, FeO de 9.30% à 9.50% et CaO de 12.73% à 12.35%). Le mica (fig. 46c) a une composition située à la limite biotite-phlogopite, avec un X_{Mg} de 0.64. La calcite renferme des traces de FeO (0.57–0.87%) et de MgO (0.42–0.58%).

Les épidotites à actinote-biotite ─ Les épidotes sont des épidotes au sens strict auxquelles est associée une clinozoïsite. Elles sont en majorité zonées et montrent des teneurs variables entre coeur et bord des cristaux, comme par exemple FeO (4.80% au coeur et 6.80% au bord), Al_2O_3 (28.08% au coeur et 26.57% au bord) et TiO_2 (0.21% au coeur et 0.11% au bord). Par contre, les teneurs en SiO_2 et CaO varient très peu. Leurs pourcentages en pistachite varient de 8.91 à 17.01%. Les amphiboles correspondent essentiellement à l'actinote à laquelle est associée une magnésio-hornblende (fig. 46d). Certaines actinotes montrent une légère

zonation. Le X_{Mg} des actinotes varie de 0.74 à 0.79 et celui de la magnésio-hornblende de 0.74 à 0.80. Les micas ont une composition de phlogopite (fig. 46c) avec des X_{Mg} variant de 0.63 à 0.67. Le plagioclase est un oligoclase (X_{An} = 19.6–22.7, X_{Or} < 0.06). De faibles variations sont observées du bord vers le cœur de certains cristaux (CaO de 4.03 au bord à 4.16 au coeur, Na_2O de 9.08 au bord à 9.24 au coeur). Le sphène contient des traces de FeO (0.43–0.48%). La calcite renferme des traces de FeO (0.48–0.80%) et de MgO (0.19–0.58%).

III.2.4. Micaschistes et roches associées

Les principales associations minérales des micaschistes sont consignées dans le tableau ci-dessous. Celles des roches associées (grenatite, biotitite, quartzite, sills de granite et pegmatite) sont également présentées.

Tableau XVII. Paragenèses des micaschistes et des roches associées.

Type pétrographique	Paragenèse en inclusion dans le grenat et le disthène	Paragenèse principale	Paragenèse rétromorphique
Micaschiste à grenat	Qtz+Bt+Gr+Rt±Mu±Chl±Cal	Qtz+Bt+Grt±Pl±Mu Qtz+Bt+Mu+Grt+Gr+Rt±Pl±Trm	Chl±Cal±Ank±Ep
Micaschiste à grenat-disthène	Qtz+Bt+Rt+Gr±Pl±Mu±Ky±Trm	Qtz+Bt+Mu+Grt+Ky±Pl+Gr+Rt	Mu, Chl
Migmatites à grenat-disthène	Qtz+Bt+Gr+Rt±Pl	Qtz+Pl+Kfs+Grt+Ky+Bt+Gr+Rt±Mu	Mu+Qtz en symplectite
Gneiss à biotite		Qtz+Pl+Ep+Bt±Mu Qtz+Pl+Bt+Grt-Spn	
Grenatite à anthophyllite		Grt+Qtz+Anth	
Biotitite à grenat	Qtz+Bt+Spn (avec Rt en inclusion)	Bt+Qtz+Grt+Cal+Spn (avec Rt en inclusion)	Ep+Qtz en symplectite
Quartzite		Qtz+Mu±Bt±Pl±Cal	
Métagranite		Qtz+Pl+Kfs+B+Mu	
Pegmatite		Qtz+Pl±Kfs+Bt+Ep±Mu	

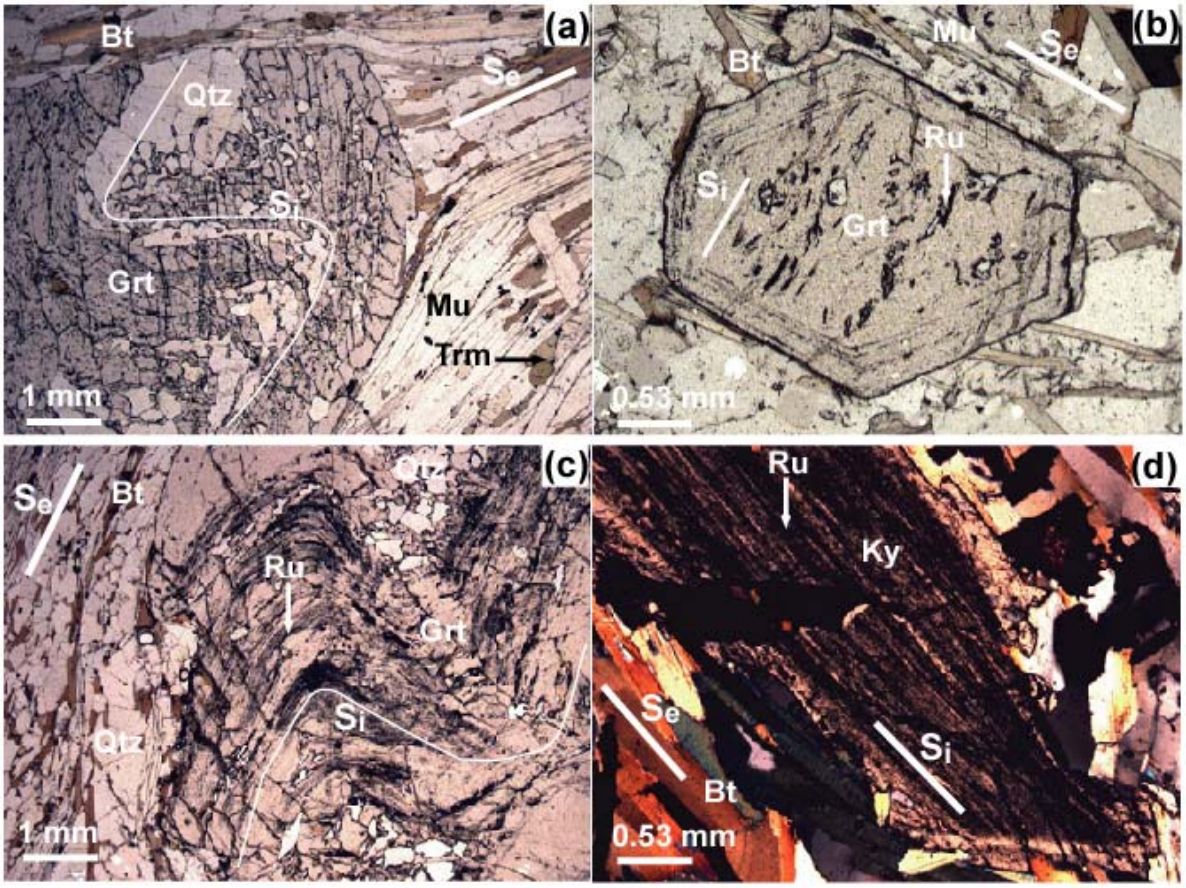


Figure 49. Microphotographies des micaschistes de la région de Boumnyebel. **(a)** Structure sigmoïde soulignée par des inclusions de quartz marquant une schistosité interne (Si) dans un grenat moulé par une schistosité externe (Se) soulignée par les cristaux de muscovite et biotite dans un micaschiste à grenat (Ngoung). **(b)** Cristal de grenat automorphe montrant une zonation et une schistosité interne soulignées par le rutile et le graphite dans un micaschiste à grenat. Noter la Si oblique à la Se (Pout Kellé). **(c)** Porphyroblaste de grenat contenant une schistosité interne (Si) tronquée par la schistosité externe (Se) soulignée par la biotite et le quartz en lentille (Henguégué) dans un micaschiste à grenat. **(d)** Porphyroblaste de disthène parallèle à Se et contenant une schistosité interne soulignée par le graphite (Boga) dans un micaschiste à grenat-disthène.

Nous traiterons simultanément l'ensemble des faciès de micaschistes et de migmatites à grenat-disthène, considérant que les faibles variations d'un faciès à l'autre ne justifient pas un traitement distinct. Nous noterons le cas échéant, les différences mineures qui pourraient se faire jour entre faciès.

L'existence d'au moins deux paragenèses superposées dans les micaschistes et les migmatites à grenat-disthène est clairement montrée par les relations entre schistosité et porphyroblastes (grenat, disthène). Une schistosité précoce est préservée de façon assez générale dans les porphyroblastes de grenat (fig. 49). A cette schistosité interne (Si) est associée une première paragenèse représentant probablement la phase prograde du métamorphisme. Les porphyroblastes sont eux-mêmes moulés plus ou moins fortement par la schistosité externe.

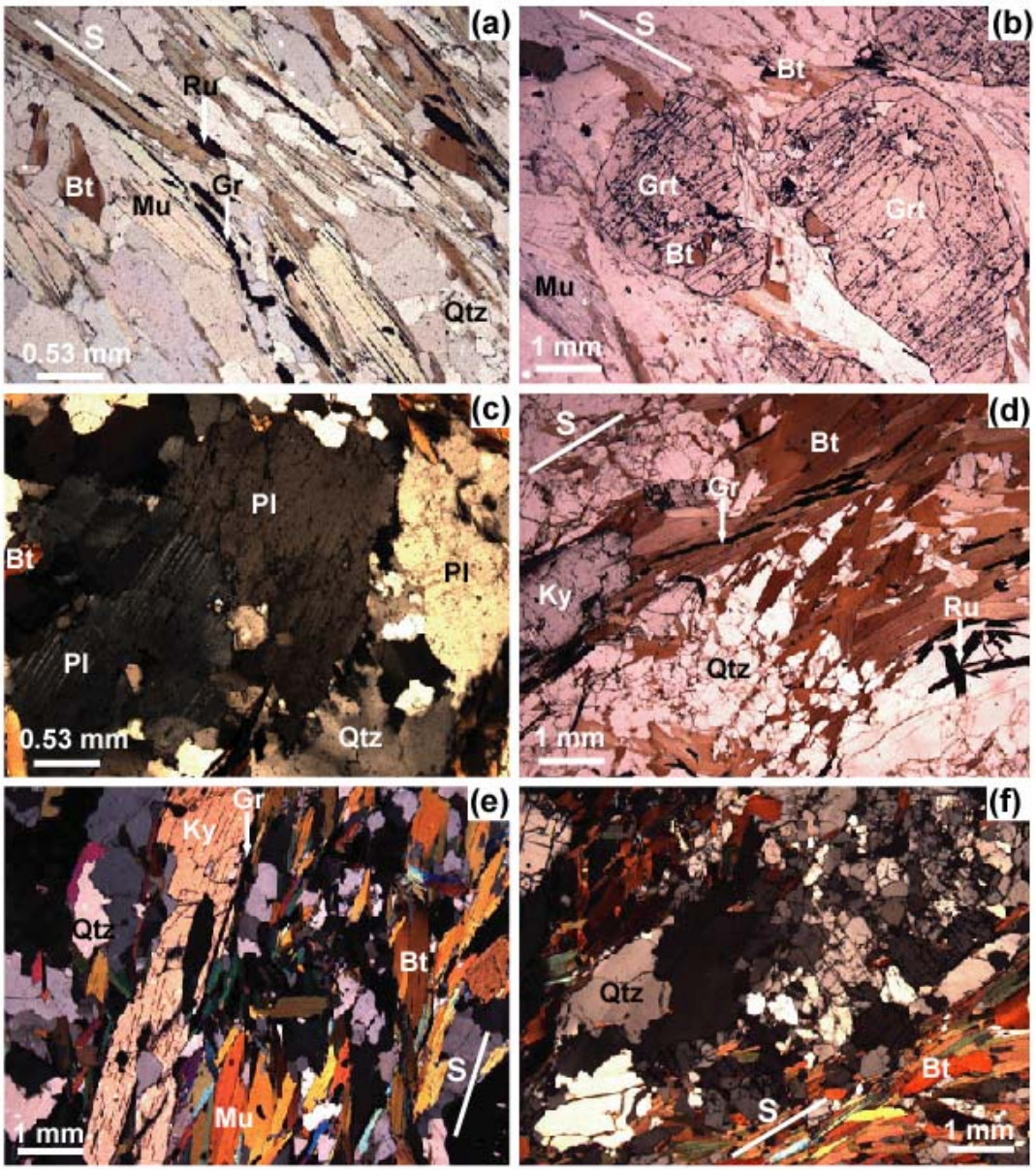


Figure 50. Microphotographies des micaschistes de la région de Boumnyebel (suite). **(a)** Schistosité (S) soulignée par la muscovite, la biotite et le quartz dans un micaschiste à grenat (Bot Makak). **(b)** Porphyroblastes de grenat à inclusion de biotite, moulés par les micas soulignant la schistosité externe dans un micaschiste à grenat. Noter la présence de biotite dans les ombres de pression. **(c)** Cristaux de plagioclase dans les micaschistes à grenat de Boga. **(d et e)** Schistosité soulignée par la biotite, le graphite et le disthène dans les migmatites à grenat-disthène de Bomb. **(f)** Leucosome dans les migmatites à grenat-disthène de Bomb.

Il arrive parfois cependant que la seconde schistosité puisse être partiellement englobée dans ces porphyroblastes. Ceci suggère que le développement de minéraux comme grenat et disthène est grossièrement synchrone de la seconde schistosité. Des minéraux rétrogrades apparaissent de façon sporadique, à quelques exceptions près où la rétromorphose est prédominante. S'ajoutent des minéraux accessoires tels que calcite, ankérite, épidote, tourmaline, ilménite et chlorite.

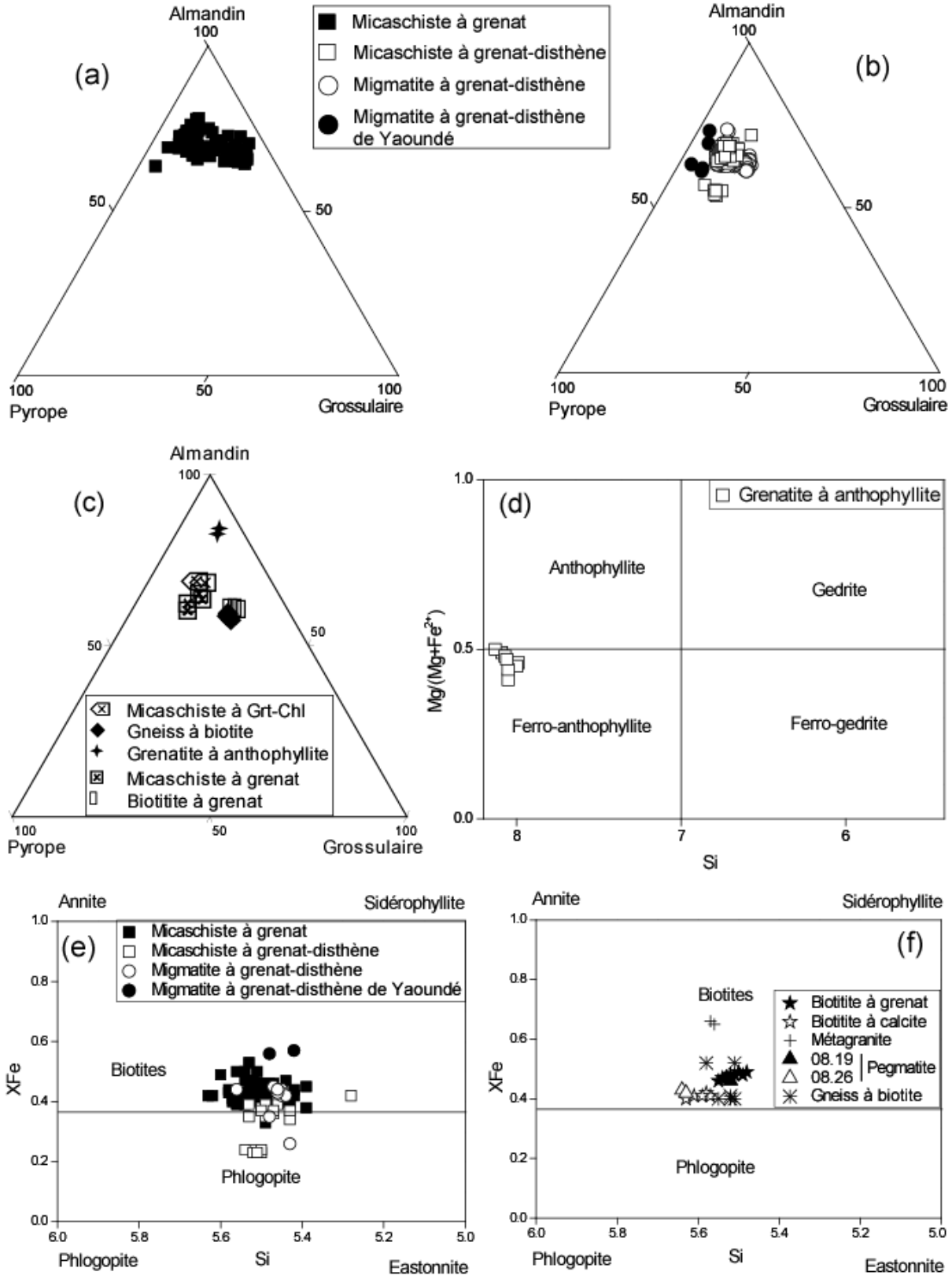


Figure 51. Composition chimique des minéraux essentiels des micaschistes et roches associées. (a) à (c) Grenats dans le diagramme Alm-Pyr-Gro. (d) Amphiboles dans le diagramme de Leake et *al.* (1997). (e) et (f) Biotites dans le diagramme Si-X_{Fe}.

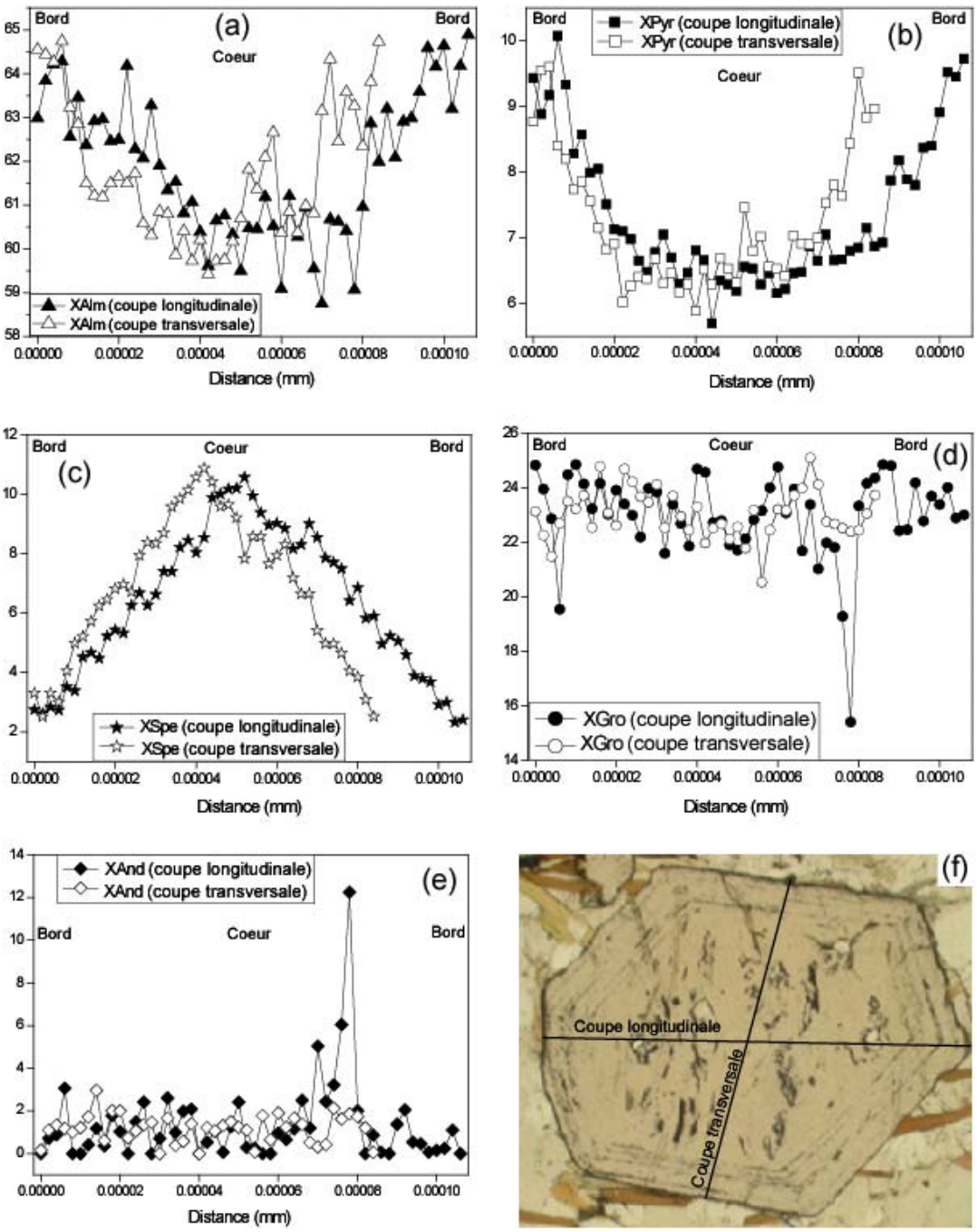


Figure 52. Profils longitudinal et transversal d'un grenat zoné dans les micaschistes à grenat (éch. PK12) de Pout Kellé. Le grenat fait 1.5 mm dans sa grande dimension.

D'une façon générale, la composition des phases est relativement peu variable pour les micaschistes. La composition des grenats (fig. 51a et b) montre qu'il s'agit essentiellement de solutions solides riches en Almandin (58.7–71.7%), avec des teneurs plus limitées en Grossulaire (4.10–26.4%) et Pyrope (6.2–29.27%) ; les teneurs en Spessartine (1.1–10.1%) et Andradite (0.0–5.89%) sont faibles. Les roches associées contenant du grenat montrent des compositions similaires (fig. 51c), à l'exception des biotitites à grenat et des métagranites dont les teneurs en Grossulaire sont plus élevées.

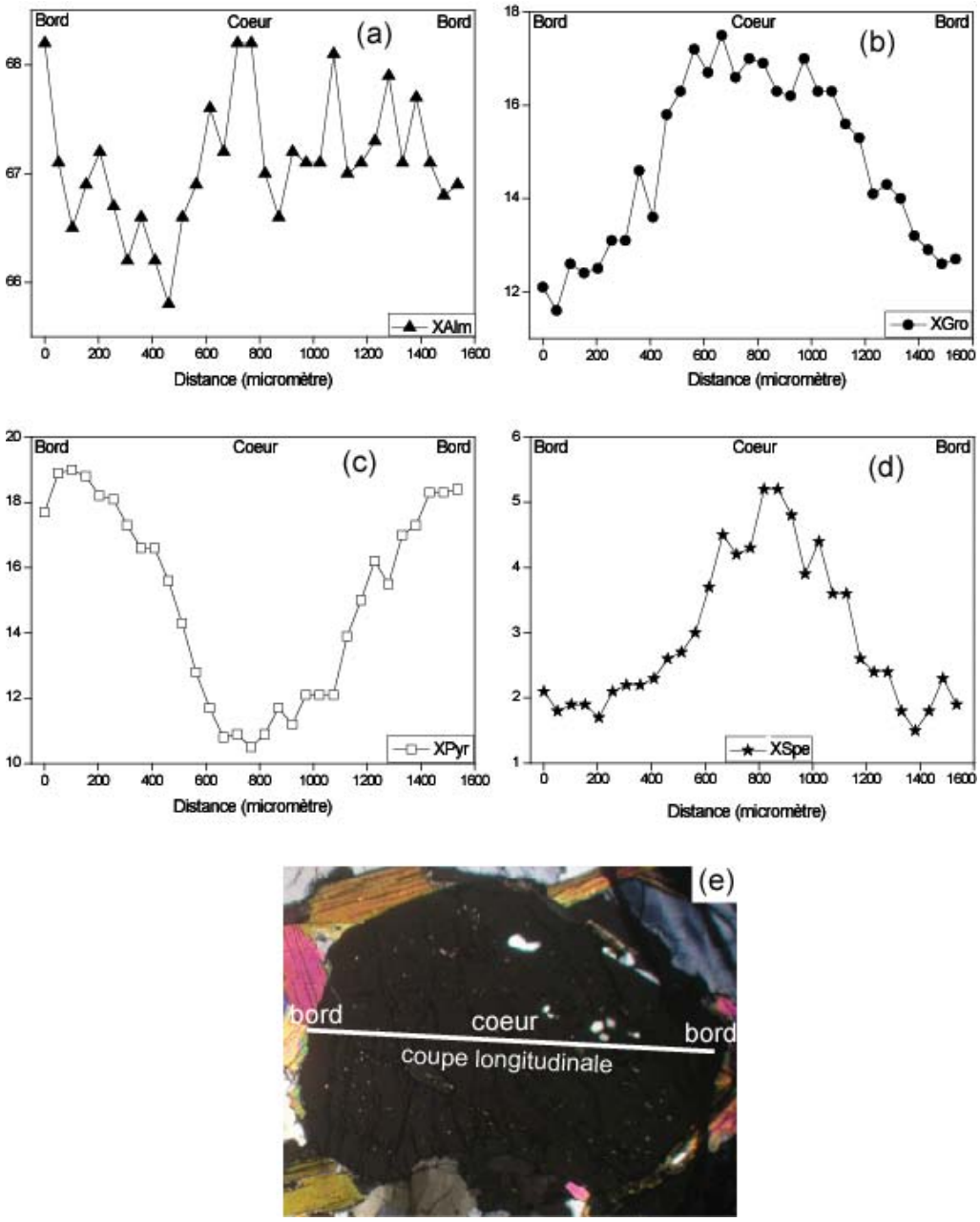


Figure 53. Profil longitudinal d'un grenat zoné dans les micaschistes à grenat de Ham (échantillon 08.23).

III.2.4.1.Zonation des porphyroblastes de grenat

La zonation coeur-bord des grenats n'est pas systématique. Nous présentons ci-dessus et plus bas (fig. 52, 53, 54 et 55) quatre exemples de zonation des cristaux de grenats dans les micaschistes et les migmatites à grenat-disthène (échantillons PK12, BOG7, 08.22 et 08.23). Dans l'échantillon de micaschiste à grenat PK12 qui montre une zonation optique matérialisée par plusieurs couronnes d'inclusions (rutile, graphite) (fig. 49b), une coupe longitudinale et une coupe transversale ont été réalisées à la microsonde électronique (fig. 52). L'évolution de la composition est bien radiale avec une diminution marquée des teneurs en spessartine et une

augmentation couplée des teneurs en almandin et en pyrope. La variation des teneurs en grossulaire est moins nette, bien que semblant marquer un enrichissement vers la bordure. On notera cependant que la variation des teneurs en almandin, bien que très nette, ne représente qu'une gamme de teneurs limitée (59 à 65%).

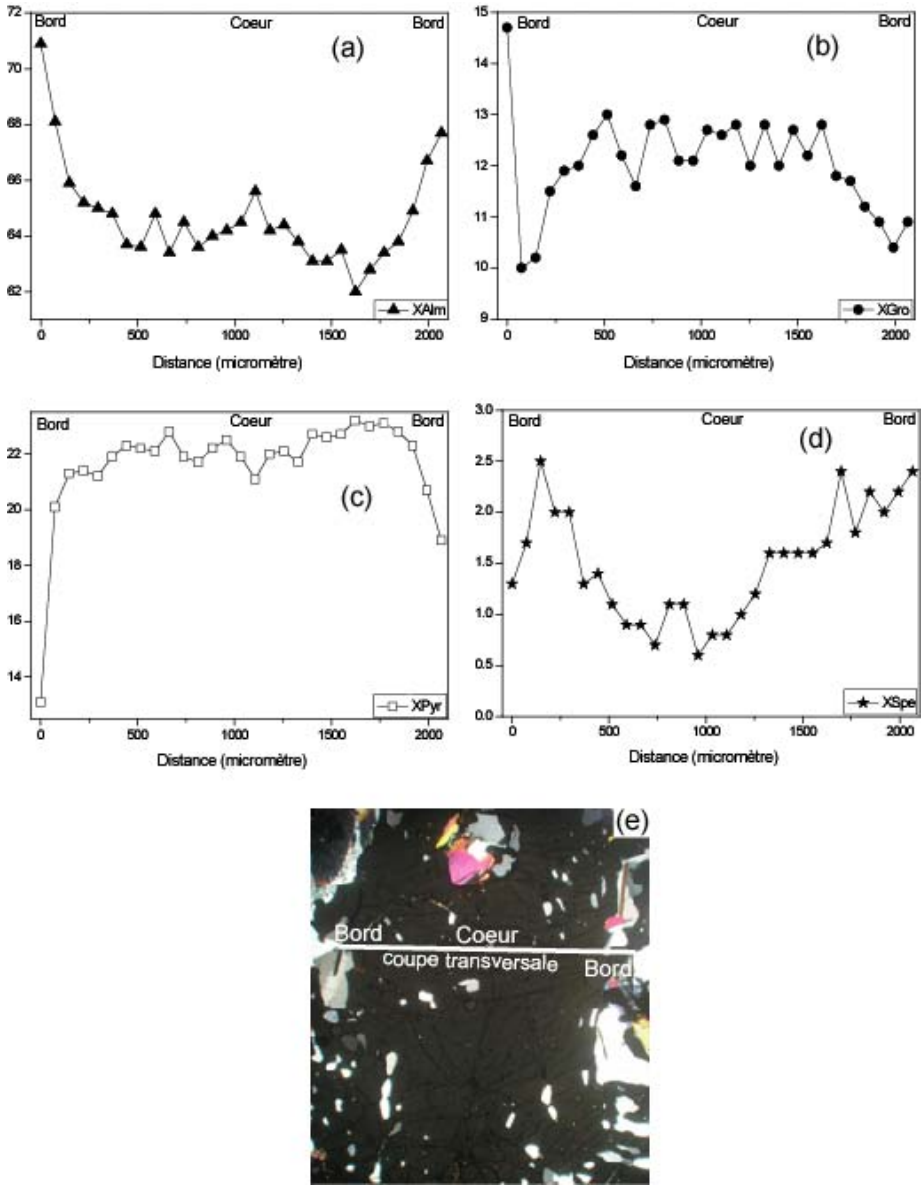


Figure 54. Profil transversal dans un grenat zoné des micaschistes à grenat-disthène de Boga (échantillon BOG7).

Dans le deuxième exemple (fig. 53), un profil longitudinal met en évidence une variation antagoniste des teneurs en pyrope et grossulaire entre le coeur et le bord du cristal. De plus, il apparaît en bordure une décroissance des teneurs en pyrope couplée à une augmentation des teneurs en almandin. Ces dernières sont assez irrégulières au coeur et peu interprétables.

Le troisième exemple (fig. 54), les variations sont nettement plus restreintes, avec une variation antagoniste de Fe et Mg en périphérie du cristal. A noter les couplages pyrope/grossulaire et almandin/spessartine.

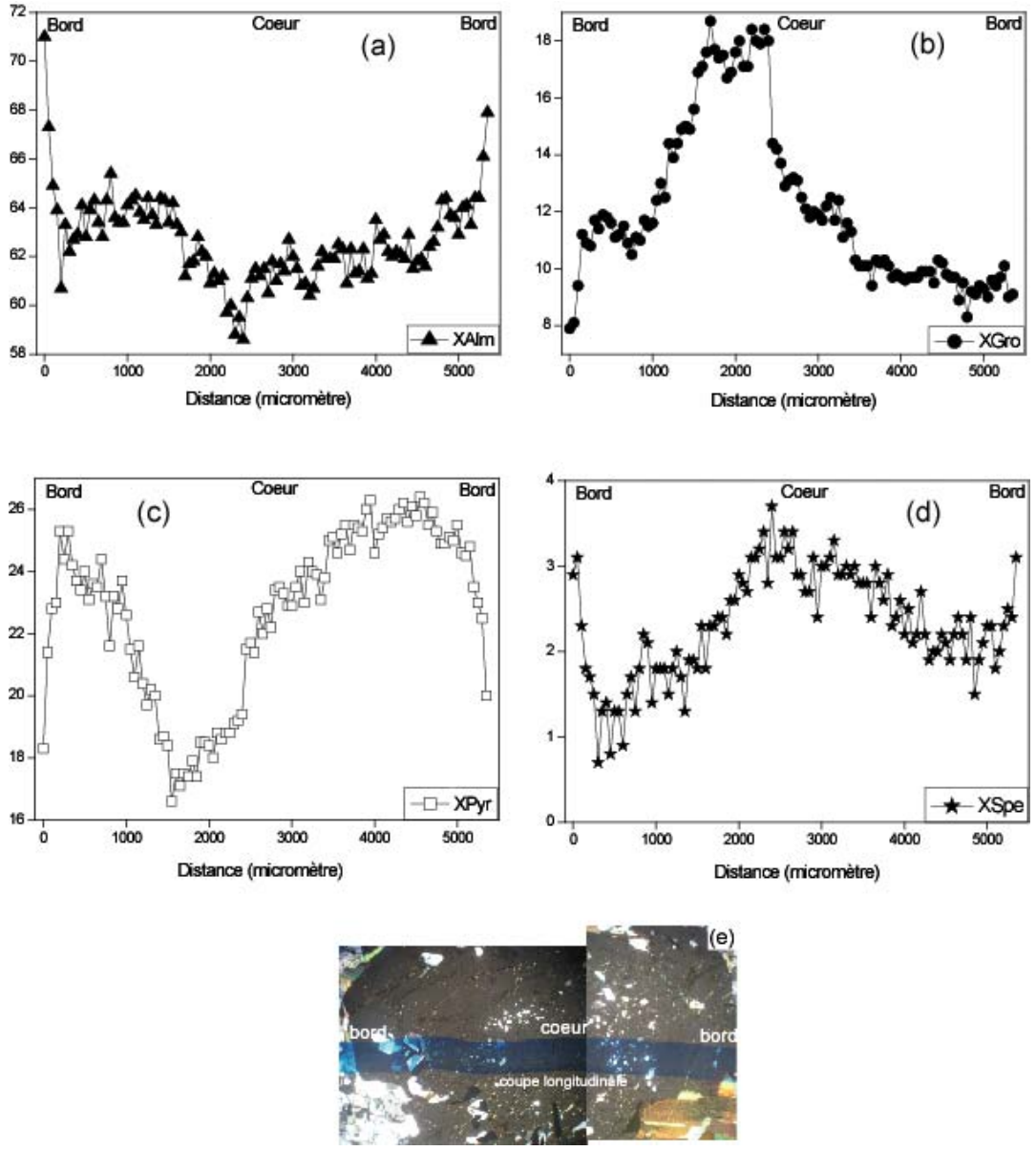


Figure 55. Profil longitudinal d'un grenat zoné dans les migmatites à grenat-disthène de Bomb (éch. 08.21).

Le dernier exemple montre des variations un peu plus complexes mais dans l'ensemble assez proches de celles observées dans l'échantillon 08.23 (fig. 53). On notera la même opposition entre pyrope et grossulaire et un bon parallélisme entre pyrope et spessartine. Les teneurs en almandin apparaissent anti-corrélées au pyrope en bordure du cristal, mais plus découplées des autres pôles vers le coeur.

Au total, on notera que les variations chimiques au sein des porphyroblastes de grenat peuvent être variables d'un cristal à l'autre, mais qu'il apparaît une systématique, notamment : (i) accroissement des teneurs en almandin vers le bord couplé à une diminution des teneurs en pyrope ; (ii) corrélation entre pyrope et grossulaire et (iii) corrélation entre pyrope et almandin en opposition avec les teneurs en spessartine. On notera enfin que des 4 grenats dont les profils sont décrits ci-dessus, seul celui de l'échantillon PK12 se distingue par sa richesse en CaO (7.79–9.09%).

III.2.4.2. Micaschistes et migmatites

Les micaschistes à grenat – La muscovite contient TiO_2 (0.08–1.32%), FeO (1.12–1.92%) et MgO (1.14–1.74%). Les biotites sont essentiellement magnésiennes (X_{Mg} = 0.50-0.61) (fig. 51e). Dans l'échantillon SH1, en plus des biotites magnésiennes, on note aussi la présence d'une phlogopite avec une teneur en X_{Mg} de 0.67 (fig. 51e). Les plagioclases sont tous des oligoclases (X_{An} = 0.14–0.29, X_{Ab} = 0.70–0.85, X_{Or} < 0.01). L'échantillon 08.01 montre une oligoclase faiblement zonée dont la zonation du coeur vers le bord est soulignée par un enrichissement de SiO_2 (61.67–63.68%) et du Na_2O (8.11–8.85%) en opposition avec un appauvrissement en Al_2O_3 (24.72–23.69%) et CaO (5.92–4.71%), traduisant un enrichissement en albite. Les épidotes ont des teneurs en CaO (22.56–23.70%) et FeO (5.73–6.41%) qui varient peu. Les tourmalines sont des schorls avec des X_{Mg} variant de 0.63 à 0.75. Dans l'échantillon BI2, les teneurs en SiO_2 (37.27–36.22%), MgO (7.88–7.71%) et Na_2O (2.29–1.89%) d'une tourmaline faiblement zonée diminuent légèrement du coeur vers la périphérie tandis que celles en Al_2O_3 (32.25–33.92%) et CaO (0.34–1.02%) augmentent. La calcite contient un peu de FeO (0.00–2.93%) et de MgO (≤ 1.94%). L'ankérite possède des teneurs peu variables en FeO (11.12–13.27%), MgO (12.56–13.81%) et CaO (28.00–28.23%). Les chlorites sont essentiellement des chamosites (X_{Mg} = 0.56–0.59) sauf l'échantillon 08.02 qui possède en plus du clinochlore (X_{Mg} = 0.40). Les teneurs en FeO (15.71–28.29%) et MgO (10.79–19.50%) des clinochlores sont assez variables comparées à celles des chamosites. Les

ilménites contiennent un peu de MnO (1.02–1.87%) et leur pourcentage d'ilménite varie de 95.93 à 96.64%.

Les micaschistes à grenat-disthène ─ Les grenats non zonés sont des almandins (45.49–67.53%) riches en pyrope (18.38-30.02%) et grossulaire (9.28–14.10%), très pauvres en andradite (0.00–1.21%) et avec des valeurs variables en spessartine (0.56–15.99%) comme le montre le diagramme Alm-Pyr-Gro (fig. 51b). Les valeurs de X_{Mg} (0.22–0.37) sont assez variables. Les muscovites ont des teneurs peu variables en TiO_2 (0.74–1.79%), FeO (0.74–1.51%) et MgO (1.13–2.00%). Les biotites sont magnésiennes avec des X_{Mg} variant de 0.58 à 0.77 (fig. 51e). Les plagioclases sont essentiellement l'oligoclase (X_{An} = 0.25–0.26, X_{Ab} = 0.63–0.74, X_{Or} < 0.005) sauf dans l'échantillon ST2 où le seul plagioclase analysé est l'andésine (X_{An} = 0.33, X_{Ab} = 0.66, X_{Or} = 0.01). Un feldspath potassique (X_{Or} = 0.99 X_{Ab} = 0.01) a été identifié dans l'échantillon PN2. Le rutile contient quelques traces de Fer (FeO = 0.22–0.25%). Les apatites sont observées en grands cristaux uniquement dans l'échantillon HA5. Leurs teneurs en CaO (56.36–56.89%) et fluor (3.47–3.74%) varient peu. Certaines apatites montrent au coeur et au bord de faibles zonations des teneurs en CaO (56.56% au coeur et 55.24% au bord).

Les migmatites à grenat-disthène ─ Les grenats des migmatites de la région de Boumnyebel sont des almandins (61.16–71.31%) riches en pyrope (18.28–24.73%) et grossulaire (7.25–12.88%) et pauvres en spessartine (2.39–3.21%) et andradite (0.20–0.28%) (fig. 51b). Leurs X_{Mg} varient de 0.20 à 0.28. Par comparaison, il est à noter que dans les migmatites de Yaoundé, les grenats sont également des almandins (58.87–68.64%) riches en pyrope (22.89–32.37%), grossulaire (3.80–7.61%) et pauvres en spessartine (1.22–2.58%) et andradite (0.00–2.06%) (fig. 51b), avec des X_{Mg} variant entre 0.24 et 0.34. Les biotites sont magnésiennes (X_{Mg} = 0.55–0.59; fig. 51e). Elles diffèrent des biotites des migmatites à grenat-disthène de Yaoundé qui sont plus ferrifères (X_{Mg} = 0.43–0.44). Les biotites étudiées ont des teneurs variables en TiO_2 (0.86-4.27%), mais avec une majorité des valeurs concentrées entre 3.5 et 4%. Celles de Yaoundé sont également riches en TiO_2 (4.14–4.16%). La phlogopite a été observée uniquement dans l'échantillon 08.21 (X_{Mg} = 0.65–0.74; fig. 51). Les muscovites contiennent TiO_2 (1.03-1.83%), FeO (1.07-1.44%) et MgO (1.25-1.42%). Les plagioclases sont des oligoclases (X_{An} = 0.20–0.22, X_{Ab} = 0.78–0.78, X_{Or} < 0.02). A Yaoundé, ce sont également des oligoclases (X_{An} = 0.24, X_{Ab} = 0.75) pour l'échantillon 08.13 que nous avons prélevé et des andésines (An_{30-38}) pour les migmatites étudiées par Nzenti et al. (1988). La chlorite a une composition de clinochlore (X_{Mg} = 0.39).

On notera pour terminer l'existence de variations systématiques en fonction de la roche. Par exemple, il est à remarquer que les biotites des micaschistes et migmatites à grenat-disthène sont plus magnésiennes (à la limite de la phlogopite) que celles des autres micaschistes (fig. 51e).

III.2.4.3. Autres faciès associés

Les gneiss à biotite ─ Les minéraux sont quartz + plagioclase + K-feldspaths + biotite + sphène + oxydes ± grenat ± muscovite. A cette dernière sont associés les minéraux issus de la rétromorphose tels que l'épidote, la chlorite et la calcite. Les grenats sont des almandins (56.5-58.3%) riches en grossulaire (24.5–26.2%) et pyrope (15.3–16.0%) et pauvres en spessartine (1.7–2.1%) (fig. 51c). Ils ont des X_{Mg} qui varient de 0.21 à 0.22. Les biotites sont à la limite biotite-phlogopite (X_{Mg} = 0.48–0.60; fig. 51f). La muscovite est riche en FeO (2.64%), MgO (2.17%). Dans l'échantillon MD1, les plagioclases sont des andésines (X_{An} = 0.31–0.33, X_{Ab} = 0.66–0.69) et l'unique plagioclase analysé dans l'échantillon PKO5 est un oligoclase (X_{An} = 0.17, X_{Ab} = 0.82, X_{Or} = 0.01).

La grenatite à anthophyllite ─ Concernant les autres minéraux ferromagnésiens, on notera la composition de l'amphibole dans les grenatites à anthophyllite associées aux micaschistes à grenat-disthène du massif de Mambé. Il s'agit d'une ferro-anthophyllite (fig. 51d) avec des X_{Mg} qui varient de 0.41 à 0.50. Les grenats sont des almandins (77.59–77.78%) peu riches en grossulaire (9.47–10.03%) et pyrope (4.77–6.37%) et pauvres en andradite (3.24-5.49%) et spessartine (2.57–2.68%) (fig. 51c). Les X_{Mg} varient peu (0.06–0.07).

Les biotitites à grenat ─ Les biotites à grenat contiennent des almandins (58.37–59.46%) riches en grossulaire (22.86–27.07%) et pyrope (11.77–14.37%) et pauvres en spessartine (1.28–4.28%) et andradite (0.42–1.81%) (fig. 51c), avec des X_{Mg} de 0.16 à 0.19. Leurs biotites sont légèrement magnésiennes (X_{Mg} = 0.51–0.54; fig. 51f) avec des teneurs peu variables en TiO_2 (1.72-2.06%). La calcite renferme un peu de FeO (1.87–1.89%) et de MgO (0.52–1.01%). Les biotites à calcite sont constituées de biotites assez magnésiennes (X_{Mg} = 0.58–0.60; fig. 51f) avec des teneurs en TiO_2 de 1.21 à 1.59%. Les épidotes sont des clinozoïsites (FeO = 1.57–2.10%; CaO = 24.16–24.70). Elles sont en majorité zonées, avec des teneurs variables telles que 5.79% de FeO au bord et 7.17% à la partie intermédiaire, et 28.30% au bord et 26.89% sur la partie intermédiaire. Les apatites peuvent être également

zonées du bord au coeur (par exemple, 56.22% de CaO au coeur et 55.34% de CaO au bord, et 3.18% de fluor au coeur et 3.79% de fluor au bord).

III.2.5. Granites et pegmatites

Les pegmatites — Ces roches formant un groupe à part sont constituées de quartz, plagioclase, biotite, épidote, sphène ± muscovite. Les plagioclases sont tous des oligoclases (X_{An} = 21.7–29.6, X_{Or} = 0.04–0.09), très faiblement zonés (par exemple du bord au coeur : Al_2O_3 de 23.58 à 24.24%, CaO de 5.00 à 5.35% et Na_2O de 8.71 à 8.39%). Les biotites sont moyennement magnésiennes (fig. 46f) avec des X_{Mg} variant de 0.53 à 0.58). La muscovite contient des quantités significatives de FeO (2.27%) et MgO (2.57%). Les épidotes non zonées (6.17–6.29% de FeO et 23.60–23.87% de CaO) ont des pourcentages de pistachite variant de 13.05 à 13.44%. Certaines épidotes zonées montrent des teneurs plus élevées au bord en SiO_2 (37.27% au coeur et 38.19% au bord), Al_2O_3 (26.66% au coeur et 27.85% au bord), et CaO (21.90% au coeur et 23.10% au bord), et plus faibles en FeO (6.45% au coeur et 5.81% au bord). Elles renferment moins de pistachite au bord (12.35%) qu'au coeur (13.51%). Dans d'autres cas la zonation peut être inverse (par exemple Al_2O_3 : 32.10 au coeur et 31.64% au bord ; FeO : 1.83 et 2.46% respectivement).

Les granites — L'unique assemblage est à quartz+muscovite+biotite+plagioclase+K-feldspath. Les biotites sont ferrifères (X_{Mg} = 0.34–0.35; fig. 35f). Elles sont assez riches en TiO_2 (3.31–3.45%). Les muscovites sont riches en TiO_2 (1.12–1.34%) et FeO (4.76–4.91%) avec des teneurs constantes en MgO (1.63%). Les plagioclases sont des albites (X_{An} = 0.07–0.09, X_{Ab} = 0.90–0.92, $X_{Or} \leq 0.01$) associées à du K-feldspath légèrement albitique (X_{Or} = 0.90–0.93, X_{Ab} = 0.07–0.09).

III.3. Estimation des conditions P-T et de l'âge du pic métamorphique

Un encadrement sommaire des conditions du métamorphisme panafricain peut être réalisé à partir des paragenèses par référence aux grilles pétrogénétiques. Plusieurs assemblages permettent d'encadrer les températures. Dans les roches mafiques (amphibolites à grenat notamment) l'assemblage Pl+Hbl+Grt±Cpx indique que les conditions sont celles du faciès des amphibolites vers les hautes températures. Néanmoins, la rareté du clinopyroxène dans les amphibolites à grenat indique que ces températures seraient un peu inférieures à 650°C. Dans les roches ultramafiques, la présence généralisée du talc et en outre de l'assemblage Tlc+Fo indique des températures > 550°C (disparition de l'antigorite) et < 670°C. La stabilité de la chlorite dans ces roches suggère également des températures inférieures à 700°C. Cette gamme de températures est en outre cohérente avec la stabilité de l'association Tlc+Mgs. Par ailleurs, l'assemblage Tlc+Calc et l'absence du diopside dans les roches carbonatées à talc indique également des températures < 670°C. Enfin, la présence des migmatites à grenat-disthène dans le quart NW de la carte permet d'estimer les températures autour de 650°C. Concernant les pressions, la stabilité du disthène dans les métapélites place des conditions minimales de pressions à 7 kbar pour la gamme de température considérée ci-dessus, tandis que la stabilité de l'assemblage Pl+Hbl dans les roches mafiques implique des pressions < 10 kbar (transformation Pl+Hbl = Omph + Grt).

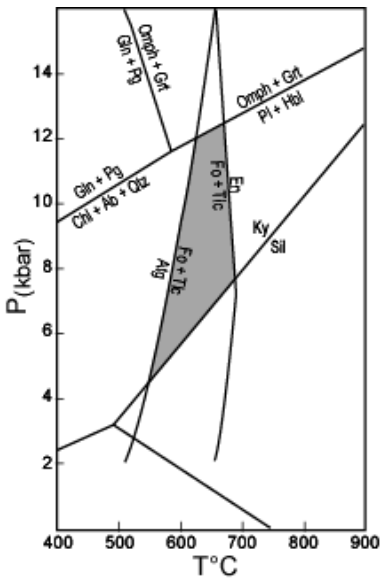


Figure 56. Grille pétrogénétique définissant le domaine P-T du pic métamorphique panafricain dans les formations de Boumnyebel. D'après Bucher et Frey (1994).

Un autre point à noter concerne les épidotes assez fréquentes dans certaines amphibolites et montrant des relations texturales suggérant un caractère à la fois anté, syn et post-pic métamorphique. L'épidote étant consumée lors des réactions se produisant dans le faciès des amphibolites, il apparaît clairement qu'une majeure partie des épidotes observées est de caractère rétromorphique.

III.3.1. Données thermobarométriques

Pour compléter et préciser ces données nous avons appliqué quelques géothermomètres aux assemblages des métapélites et roches mafiques. Concernant les métapélites deux thermomètres sont disponibles : (i) teneurs en Ti dans la biotite (Henry et *al.*, 2005), et (ii) biotite-grenat (Ferry et Spear, 1978 ; Holdaway, 2000). Pour les roches mafiques nous disposons du thermomètre hornblende-grenat (Graham et Powell, 1984 ; Ravna, 2000).

Le thermomètre Ti-biotite (Henry et *al.*, 2005) est applicable aux métapélites peralumineuses contenant graphite et rutile (ou ilmenite) et dont les biotites ont des X_{Mg} compris entre 0.28 et 1.00 avec des teneurs en Ti (apfu sur 22 O) comprises entre 0.04 et 0.6. La gamme d'applicabilité du thermomètre est comprise entre 480 et 800°C. Ces conditions étant satisfaites pour les micaschistes de la région de Boumnyebel, nous l'avons appliqué aux biotites des micaschistes à grenat, aux micaschistes à grenat-disthène et aux migmatites à grenat-disthène. L'expression du thermomètre est :

$$T = \{[\mathrm{Ln}(\mathrm{Ti}) - a - c(X_{\mathrm{Mg}})^3]/b\}^{0.333}$$

avec a = -2.3594, b = 4.6482×10^{-9} et c = -1.7283.

Les données sont rassemblées dans le tableau ci-contre. On notera une bonne homogénéité des résultats avec des écarts-types relativement faibles pour les micaschistes avec une estimation moyenne globale à 607±25°C en accord avec l'encadrement donné ci-dessus. On remarquera les températures plus élevées obtenues sur les migmatites à grenat-disthène (734±7°C), marquant un hiatus avec les micaschistes. Ces estimations sont probablement trop élevées compte tenu de la stabilité d'autres assemblages donnant des contraintes de T < 670°C. Il n'est pas exclu qu'il y ait une certaine dépendance à la composition. Ce point nécessitera d'être examiné plus en détail pour être concluant.

Tableau XVIII. Données et températures pour le thermomètre Ti-biotite (Henry et *al.*, 2005).

Echantillon-analyse	$Ti_{(apfu/22\ ox)}$	XMg	Ln(Ti)	XMg^3	T°C	Moyenne + écart-type par échantillon	Moyenne + écart-type par unité
Micaschiste à grenat							
BI2-241	0.17	0.58	-1.77	0.20	580		
BI17-35	0.19	0.57	-1.66	0.19	599		
BI17-37	0.18	0.58	-1.71	0.20	592		
BI17-44	0.19	0.58	-1.66	0.20	602		
BI17-45	0.18	0.58	-1.71	0.20	592	596±5	
MK1-27	0.21	0.50	-1.56	0.13	598		
MK1-28	0.21	0.47	-1.56	0.10	591		
MK1-32	0.23	0.50	-1.47	0.13	616		
MK1-33	0.20	0.50	-1.61	0.13	589	598±12	
MN1-131	0.24	0.55	-1.43	0.17	636		
MN1-132	0.21	0.57	-1.56	0.19	618	627±13	
NB3-149	0.22	0.53	-1.51	0.15	615		
NB3-151	0.21	0.53	-1.56	0.15	606	611±6	
NS6-123	0.16	0.60	-1.83	0.22	575		
NS6-125	0.18	0.60	-1.71	0.22	599		
NS6-129	0.18	0.61	-1.71	0.23	603	592±15	
PK8-155	0.20	0.54	-1.61	0.16	600		
PK8-161	0.19	0.54	-1.66	0.16	590	595±7	
PK12-107	0.25	0.54	-1.39	0.16	640		
PK12-111	0.23	0.57	-1.47	0.19	634		
PK12-117	0.19	0.57	-1.66	0.19	599		
PK12-119	0.15	0.54	-1.90	0.16	537		
PK12-122	0.19	0.54	-1.66	0.16	590	600±41	
SH1-208	0.22	0.56	-1.51	0.18	624		
SH1-212	0.15	0.67	-1.90	0.30	592		
SH1-213	0.20	0.56	-1.61	0.18	606		
SH1-219	0.17	0.58	-1.77	0.20	580		
SH1-220	0.18	0.57	-1.71	0.19	588		
SH1-221	0.19	0.58	-1.66	0.20	602	599±15	
08.02-73	0.17	0.62	-1.77	0.24	595		
08.02-79	0.18	0.60	-1.71	0.22	599		
08.02-82	0.18	0.60	-1.71	0.22	599		
08.02-88	0.17	0.60	-1.77	0.22	587	595±5	
08.30-34	0.17	0.54	-1.77	0.16	566		
08.30-42	0.18	0.54	-1.71	0.16	578		
08.30-65	0.19	0.56	-1.66	0.18	596	580±15	
08.01-68	0.25	0.60	-1.39	0.22	657		
08.01-71	0.17	0.53	-1.77	0.15	563		
08.01-72	0.20	0.59	-1.61	0.21	615	612±47	
BOG1-76	0.19	0.59	-1.66	0.21	606		
BOG1-84	0.19	0.58	-1.66	0.20	602		
BOG1-85	0.18	0.60	-1.71	0.22	599	602±3	
NLB1-127	0.22	0.55	-1.51	0.17	621		
NLB1-128	0.24	0.57	-1.43	0.19	642		
NLB1-135	0.20	0.55	-1.61	0.17	603		
NLB1-141	0.17	0.57	-1.77	0.19	576		
NLB1-143	0.17	0.54	-1.77	0.16	566	602±31	
08.16-59	0.17	0.59	-1.77	0.21	584		
08.16-69	0.19	0.61	-1.66	0.23	613	598±21	
08.23-42	0.19	0.57	-1.66	0.19	599		
08.23-52	0.18	0.55	-1.71	0.17	582	590±12	
MK2-108	0.23	0.51	-1.47	0.13	618		
MK2-109	0.22	0.54	-1.51	0.16	618		
MK2-112	0.20	0.52	-1.61	0.14	594		
MK2-116	0.19	0.53	-1.66	0.15	587		
MK2-117	0.20	0.51	-1.61	0.13	591		
MK2-118	0.20	0.53	-1.61	0.15	597		
MK2-120	0.20	0.53	-1.61	0.15	597		
MK2-125	0.21	0.52	-1.56	0.14	604		
MK2-129	0.21	0.52	-1.56	0.14	604	601±11	**599±20**

Micaschiste à grenat-disthène							
HA5-62	0.18	0.76	-1.71	0.44	666		
HA5-76	0.14	0.76	-1.97	0.44	624		
HA5-80	0.17	0.77	-1.77	0.46	662		
HA5-83	0.13	0.77	-2.04	0.46	616		
HA5-85	0.14	0.76	-1.97	0.44	624		
HA5-89	0.18	0.77	-1.71	0.46	671	644±25	
ST2-11	0.18	0.64	-1.71	0.26	614		
ST2-12	0.19	0.63	-1.66	0.25	620	617±4	
ST1-22	0.18	0.60	-1.71	0.22	599		
ST1-24	0.19	0.61	-1.66	0.23	613		
ST1-25	0.20	0.61	-1.61	0.23	622		
ST1-29	0.20	0.63	-1.61	0.25	629		
ST1-37	0.22	0.61	-1.51	0.23	639		
ST1-41	0.22	0.63	-1.51	0.25	646		
ST1-69	0.21	0.61	-1.56	0.23	631	626±16	
08.22-30	0.18	0.63	-1.71	0.25	610		
08.22-31	0.18	0.63	-1.71	0.25	610	610±0	
PN2-86	0.25	0.62	-1.39	0.24	664		
PN2-88	0.24	0.61	-1.43	0.23	654	659±7	
BOG9-11	0.15	0.65	-1.90	0.27	583		
BOG9-15	0.16	0.65	-1.83	0.27	596		
BOG9-17	0.18	0.64	-1.71	0.26	614	597±16	
BOG7-77	0.19	0.58	-1.66	0.20	602		
BOG7-84/4	0.20	0.66	-1.61	0.29	641	622±27	**627±24**
Migmatites à grenat-disthène							
BO2-1	0.46	0.57	-0.78	0.19	738		
BO2-10	0.47	0.58	-0.76	0.20	743		
BO2-21	0.46	0.56	-0.78	0.18	735		
BO2-23	0.48	0.57	-0.73	0.19	743		
BO2-24	0.45	0.58	-0.80	0.20	737	739±3	
08.21-63	0.45	0.56	-0.80	0.18	733		
08.20-9	0.44	0.56	-0.82	0.18	730		
08.20-13	0.40	0.57	-0.92	0.19	719		
08.20-16	0.45	0.55	-0.80	0.17	731	726±6	**734±7**

Le thermomètre biotite-grenat a été calibré expérimentalement pour la première fois par Ferry et Spear (1978). Depuis de nombreuses autres calibrations ont été proposées reposant sur divers modèle de solutions pour la biotite et le grenat. Plus récemment Holdaway a réévalué l'ensemble des données disponible et proposé une nouvelle calibration. Nous avons retenu ces deux versions du géothermomètre. La calibration de Ferry et Spear s'écrit :

$$T°C = \frac{2089 + 9.56P(kbar)}{0.782 - LnKD} - 273$$

avec KD = $(Fe/Mg)^{Grt}/(Fe/Mg)^{Bt}$.

Les résultats sont donnés dans le tableau XIX. Il apparaît une assez bonne cohérence avec les données obtenus avec le thermomètre de Henry et al., la moyenne pour l'ensemble des échantillons étant de 595±86°C. On notera cependant l'écart-type beaucoup plus élevé. On remarquera également les températures plus élevées obtenues pour les migmatites, mais néanmoins plus cohérentes avec l'encadrement (T < 700°C).

Tableau XIX. Données et températures pour le thermomètre biotite-grenat (Ferry et Spear, 1978).

	biotite		grenat			P=4kbar	P=10kbar	Moyenne+écart-type	
Echantillon/analyse	Fe	Mg	Fe	Mg	LnKD	T°C	T°C	par échantillon	par unité
Micaschiste à grenat									
BI2-237/241	1.94	2.67	2.04	0.6	-1.543	642	667		
BI2-238/241	1.94	2.67	1.97	0.52	-1.651	601	625	646±30	
BI17-36/35	1.95	2.58	1.98	0.57	-1.525	649	674		
BI17-38/37	1.96	2.66	1.96	0.6	-1.489	664	689		
BI17-39/37-inc	1.96	2.66	1.97	0.58	-1.528	648	673		
BI17-43/44	1.97	2.7	1.98	0.49	-1.712	580	603		
BI17-43/45	2.01	2.77	1.98	0.49	-1.717	578	601	648±42	
MK1-30/27-inc	2.35	2.32	2.06	0.34	-1.789	555	577		
MK1-30/28-inc	2.53	2.22	2.06	0.34	-1.671	594	618		
MK1-30/32-inc	2.32	2.35	2.06	0.34	-1.814	546	568		
MK1-30/33-inc	2.27	2.32	2.06	0.34	-1.823	544	566		
MK1-31/27-inc	2.35	2.32	2.02	0.33	-1.799	551	573		
MK1-31/28-inc	2.53	2.22	2.02	0.33	-1.681	591	614		
MK1-31/32-inc	2.32	2.35	2.02	0.33	-1.825	543	565		
MK1-31/33-inc	2.27	2.32	2.02	0.33	-1.834	540	562	580±22	
MN1-133/131	2.1	2.59	2.06	0.59	-1.460	676	701		
MN1-133/132	1.95	2.62	2.06	0.59	-1.546	641	666		
MN1-136/131	2.1	2.59	2.06	0.61	-1.427	690	716		
MN1-137/132	1.95	2.62	1.96	0.59	-1.496	661	686	692±22	
NB3-146/149-inc	2.17	2.42	2.15	0.53	-1.509	655	680		
NB3-146/151	2.22	2.5	2.15	0.53	-1.519	651	676		
NB3-147/149-inc	2.17	2.42	2.03	0.68	-1.203	799	828		
NB3-147/151	2.22	2.5	2.03	0.68	-1.212	794	822		
NS6-127/125	1.89	2.88	1.95	0.47	-1.844	537	559	713±113	
NS6-133/128-inc	2.27	2.39	2.12	0.48	-1.537	644	669		
NS6-133/129-inc	1.84	2.92	2.12	0.48	-1.947	506	527		
NS6-134/128-inc	2.27	2.39	2.16	0.44	-1.643	604	628		
NS6-134/129-inc	1.84	2.92	2.16	0.44	-2.053	477	498	581±81	
PK8-156/155	2.09	2.46	1.94	0.25	-2.212	438	457		
PK8-157/155	2.09	2.46	1.89	0.23	-2.269	424	443		
PK8-158/155	2.09	2.46	1.79	0.23	-2.215	437	456		
PK8-159/155	2.09	2.46	1.83	0.2	-2.377	400	419	444±18	
PK12-112/111	1.99	2.58	1.91	0.3	-2.111	462	482		
PK12-113/111	1.99	2.58	1.91	0.27	-2.216	437	456		
PK12-118/117	2.06	2.71	1.84	0.29	-2.122	460	479		
PK12-118/119	2.24	2.58	1.84	0.29	-1.989	495	515	483±25	
SH1-210/208-inc	2.02	2.53	2.03	0.56	-1.513	654	679		
SH1-214/212-inc	1.65	3.32	2.04	0.56	-1.992	494	515		
SH1-214/213-inc	2.06	2.65	2.04	0.56	-1.545	641	666		
SH1-215/212-inc	1.65	3.32	1.96	0.57	-1.934	510	531		
SH1-215/213-inc	2.06	2.65	1.96	0.57	-1.487	665	690	616±86	
08.01-65/68	1.84	2.76	1.93	0.58	-1.608	617	641		
08.02-70/73	1.79	2.94	2.08	0.62	-1.707	582	605		
08.02-86/88	1.83	2.76	2.16	0.54	-1.797	552	574		
08.02-87/88	1.83	2.76	2.19	0.48	-1.929	512	533	571±36	
08.30-35/34	2.21	2.57	1.85	0.25	-2.152	452	471		
08.30-36/34	2.21	2.57	1.88	0.27	-2.092	467	487		
08.30-38/42	2.16	2.54	1.79	0.21	-2.305	416	435		
08.30-39/42	2.16	2.54	1.85	0.25	-2.164	449	469		
08.30-62/65	2.09	2.66	1.83	0.24	-2.273	423	442		
08.30-63/65	2.09	2.66	1.83	0.26	-2.193	442	461	461±20	
BOG1-81/84	1.92	2.27	2.03	0.51	-1.549	640	664		
BOG1-82/84	1.92	2.27	2.04	0.59	-1.408	698	725	694±43	
NLB1-121/127	2.16	2.65	2.08	0.59	-1.464	674	699		
NLB1-123/127	2.16	2.65	2.08	0.59	-1.464	674	699		
NLB1-129/128	1.93	2.53	2.05	0.7	-1.345	727	754		
NLB1-140/141	1.93	2.59	2.12	0.52	-1.699	584	607		
NLB1-145/138-inc	4.32	5.27	2.1	0.53	-1.576	629	654		
NLB1-145/143	2.19	2.62	2.1	0.53	-1.556	637	661		
NLB1-136/135-inc	2.07	2.54	2.03	0.51	-1.586	625	650	675±47	
08.16-61/59	1.9	2.77	2.06	0.49	-1.813	547	569		
08.16-62/59	1.9	2.77	2.03	0.33	-2.194	442	461		
08.16-66/69	1.81	2.77	1.95	0.39	-2.035	482	503	511±54	
08.23-43/42	1.99	2.65	2.01	0.42	-1.852	535	556		
MK2-115/116	2.27	2.51	1.79	0.36	-1.704	583	606		
MK2-115/117	2.35	2.42	1.79	0.36	-1.633	608	632		
MK2-115/118	2.21	2.51	1.79	0.36	-1.731	573	596		

MK2-122/120	2.28	2.58	1.79	0.35	-1.756	565	588		
MK2-123/120	2.28	2.58	1.77	0.43	-1.539	644	668		
MK2-124/120	2.28	2.58	1.76	0.38	-1.657	599	623	619±29	**595±95**
Micaschiste à grenat-disthène									
HA5-64/62	1.11	3.56	1.53	0.89	-1.707	582	605		
HA5-77/76	1.13	3.51	1.35	0.72	-1.762	563	586		
HA5-79/80-inc	1.07	3.53	1.36	0.8	-1.724	576	599		
HA5-79/83-inc	1.07	3.6	1.36	0.8	-1.744	569	592		
HA5-79/85-inc	1.14	3.64	1.36	0.8	-1.692	587	610		
HA5-81/80-inc	1.07	3.53	1.38	0.77	-1.777	558	581		
HA5-81/83-inc	1.07	3.6	1.38	0.77	-1.797	552	574		
HA5-81/85-nc	1.14	3.64	1.38	0.77	-1.744	569	592	592±12	
ST2-13/11	1.69	2.99	1.95	0.66	-1.654	600	624		
ST2-13/12	1.71	2.95	1.95	0.66	-1.629	609	633		
ST2-14/11	1.69	2.99	1.92	0.66	-1.638	606	630		
ST2-14/12	1.71	2.95	1.92	0.66	-1.613	615	639	631±6	
08.22-28/30	1.71	2.96	1.94	0.69	-1.582	627	651		
08.22-28/31	1.71	2.98	1.94	0.69	-1.589	624	648		
08.22-29/30	1.71	2.96	2.02	0.61	-1.746	568	591		
08.22-29/31	1.71	2.98	2.02	0.61	-1.753	566	589	620±34	
BOG7-76/77	1.88	2.63	1.98	0.62	-1.497	660	686		
BOG7-84.3/84.4-inc	1.55	2.99	2.11	0.39	-2.345	407	426		
BOG7-84.5/84.4-inc	1.55	2.99	2.03	0.6	-1.876	527	549	553±130	
BOG9-10/11	1.59	3.02	1.88	0.64	-1.719	578	600		
BOG9-13/15	1.64	3.02	1.99	0.55	-1.897	521	543		
BOG9-14/15	1.64	3.02	1.98	0.55	-1.891	523	544		
BOG9-16/17	1.67	2.94	1.92	0.58	-1.763	563	586	568±29	**595±51**
Migmatites à grenat-disthène									
08.20-3/9	1.85	2.31	1.98	0.68	-1.291	753	781		
08.20-5/9	1.85	2.31	1.85	0.7	-1.194	804	833		
08.20-11/13	1.77	2.34	1.94	0.74	-1.243	778	806		
08.20-12/13	1.77	2.34	1.97	0.67	-1.358	721	748	792±36	
08.21-58/57-inc	1.56	2.91	1.97	0.57	-1.864	531	553		
08.21-59/57-inc	1.56	2.91	1.94	0.58	-1.831	541	563		
08.21-60/57-inc	1.56	2.91	1.92	0.64	-1.722	577	599	572±25	**698±121**

La calibration de Holdaway (2000) prend en compte la non-idéalité des solutions dans le grenat et la biotite. Il en résulte une expression un peu plus complexe :

$$T°C = -\frac{13399 + 98.3P(kbar)}{2.601 + RLnKD} - 273$$

avec R = 8.314 J.mol^{-1}K^{-1}, $K_D = (X_{Mg}/X_{Fe})^{Grt}(X_{Fe}/X_{Mg})^{Bt}$, $B = RTLn(\gamma^{Fe\text{-}Bt}/\gamma^{Mg\text{-}Bt})$ et $G = RTLn(\gamma^{Mg\text{-}Grt}/\gamma^{Fe\text{-}Grt})$.

Les résultats sont donnés dans le tableau XX. On notera en premier lieu la très faible dépendance du thermomètre à la pression et les très faibles écarts-types. La valeur moyenne de température pour l'ensemble est 647±11°C, estimation un peu plus élevées que celles obtenues avec les autres thermomètres. On remarquera également qu'il n'y a pas de différence sensible sur les températures des migmatites à grenat-disthène (638±8°C). Cela est probablement plus en cohérence avec la continuité des formations sur le terrain, car nous n'avons observé aucune discontinuité majeure pouvant justifier les écarts de températures obtenus avec les autres thermomètres.

Tableau XX. Données et températures pour le thermomètre biotite-grenat (Holdaway, 2000).

	Biotite				Grenat					P=10kbar	P=4kbar	Moyenne + écart-type	
Echantillon/analyse	XFe	XMg	XAl	XTi	XMg	XFe	XMn	XCa	$\ln K_D$	T°C	T°C	par échantillon	par unité
Micaschiste à grenat													
BI2-237/241	0.35	0.48	0.13	0.03	0.20	0.68	0.01	0.10	1.539	639	637		
BI2-238/241	0.35	0.48	0.13	0.03	0.18	0.66	0.02	0.15	1.642	646	644	640±5	
BI17-36/35	0.36	0.47	0.13	0.03	0.19	0.67	0.02	0.13	1.534	644	641		
BI17-38/37	0.36	0.48	0.13	0.03	0.20	0.65	0.02	0.12	1.482	646	643		
BI17-39/37-inc	0.36	0.48	0.13	0.03	0.20	0.66	0.02	0.13	1.517	646	643		
BI17-43/44	0.36	0.49	0.12	0.03	0.16	0.66	0.02	0.16	1.715	650	647		
BI17-43/45	0.36	0.50	0.11	0.03	0.16	0.66	0.02	0.16	1.721	652	649	645±3	
MK1-30/27-inc	0.42	0.42	0.12	0.04	0.11	0.69	0.08	0.12	1.799	651	648		
MK1-30/28-inc	0.46	0.40	0.11	0.04	0.11	0.69	0.08	0.12	1.681	658	655		
MK1-30/32-inc	0.41	0.42	0.13	0.04	0.11	0.69	0.08	0.12	1.825	647	645		
MK1-30/33-inc	0.41	0.42	0.13	0.04	0.11	0.69	0.08	0.12	1.834	648	645		
MK1-31/27-inc	0.42	0.42	0.12	0.04	0.11	0.68	0.08	0.13	1.806	654	651		
MK1-31/28-inc	0.46	0.40	0.11	0.04	0.11	0.68	0.08	0.13	1.688	661	658		
MK1-31/32-inc	0.41	0.42	0.13	0.04	0.11	0.68	0.08	0.13	1.832	650	648		
MK1-31/33-inc	0.41	0.42	0.13	0.04	0.11	0.68	0.08	0.13	1.840	651	648	650±5	
MN1-133/131	0.37	0.46	0.13	0.04	0.20	0.69	0.01	0.10	1.450	638	635		
MN1-133/132	0.35	0.48	0.13	0.04	0.20	0.69	0.01	0.10	1.536	637	635		
MN1-136/131	0.37	0.46	0.13	0.04	0.21	0.69	0.02	0.09	1.411	639	636		
MN1-137/132	0.35	0.48	0.13	0.04	0.20	0.68	0.02	0.10	1.519	640	638	636±1	
NB3-146/149-inc	0.40	0.45	0.11	0.04	0.18	0.72	0.03	0.07	1.502	642	639		
NB3-146/151	0.40	0.45	0.11	0.04	0.18	0.72	0.03	0.07	1.512	644	641		
NB3-147/149-inc	0.40	0.45	0.11	0.04	0.23	0.68	0.02	0.08	1.202	647	644		
NB3-147/151	0.40	0.45	0.11	0.04	0.23	0.68	0.02	0.08	1.212	649	646	643±3	
NS6-127/125	0.34	0.52	0.11	0.03	0.16	0.65	0.02	0.18	1.837	654	651		
NS6-133/128-inc	0.41	0.43	0.15	0.01	0.16	0.70	0.02	0.12	1.508	643	641		
NS6-133/129-inc	0.33	0.52	0.12	0.03	0.16	0.70	0.02	0.12	1.918	638	635		
NS6-134/128-inc	0.41	0.43	0.15	0.01	0.15	0.72	0.02	0.12	1.640	641	639		
NS6-134/129-inc	0.33	0.53	0.11	0.03	0.15	0.72	0.02	0.12	2.051	640	637	640±6	
PK8-156/155	0.38	0.45	0.13	0.04	0.08	0.65	0.02	0.25	2.213	645	642		
PK8-157/155	0.38	0.45	0.13	0.04	0.08	0.63	0.04	0.25	2.234	649	646		
PK8-158/155	0.38	0.45	0.13	0.04	0.07	0.59	0.07	0.26	2.290	653	651		
PK8-159/155	0.38	0.45	0.13	0.04	0.07	0.61	0.08	0.25	2.387	651	648	647±4	
PK12-112/111	0.37	0.47	0.12	0.04	0.10	0.64	0.03	0.24	2.120	653	651		
PK12-113/111	0.37	0.47	0.12	0.04	0.09	0.63	0.06	0.22	2.206	654	652		
PK12-118/117	0.37	0.49	0.11	0.03	0.10	0.61	0.05	0.24	2.083	663	660		
PK12-118/119	0.40	0.46	0.11	0.03	0.10	0.61	0.05	0.24	1.950	667	664	657±7	
SH1-210/208-inc	0.37	0.46	0.13	0.04	0.19	0.67	0.02	0.11	1.502	645	642		
SH1-214/212-inc	0.29	0.59	0.09	0.03	0.19	0.68	0.02	0.11	1.998	646	643		
SH1-214/213-inc	0.37	0.47	0.12	0.04	0.19	0.68	0.02	0.11	1.551	643	641		
SH1-215/212-inc	0.29	0.59	0.09	0.03	0.20	0.66	0.03	0.12	1.915	652	649		
SH1-215/213-inc	0.37	0.47	0.12	0.04	0.20	0.66	0.03	0.12	1.468	648	645	644±3	
08.01-65/68	0.33	0.50	0.12	0.05	0.20	0.64	0.03	0.14	1.595	649	646		
08.02-70/73	0.32	0.52	0.13	0.03	0.20	0.68	0.01	0.10	1.716	636	634		
08.02-86/88	0.34	0.51	0.13	0.03	0.18	0.72	0.02	0.09	1.799	634	631		
08.02-87/88	0.34	0.51	0.13	0.03	0.16	0.73	0.02	0.09	1.934	631	629	635±8	
08.30-35/34	0.40	0.46	0.11	0.03	0.09	0.62	0.07	0.23	2.081	665	662		
08.30-36/34	0.40	0.46	0.11	0.03	0.09	0.62	0.05	0.24	2.081	661	659		
08.30-38/42	0.39	0.46	0.12	0.03	0.07	0.60	0.10	0.23	2.310	661	658		
08.30-39/42	0.39	0.46	0.12	0.03	0.09	0.62	0.07	0.22	2.092	660	657		
08.30-62/65	0.37	0.48	0.11	0.03	0.08	0.61	0.08	0.24	2.273	662	659		
08.30-63/65	0.37	0.48	0.11	0.03	0.09	0.62	0.06	0.24	2.171	661	658	659±1	
BOG1-81/84	0.35	0.48	0.13	0.03	0.17	0.67	0.02	0.13	1.701	641	639		
BOG1-82/84	0.35	0.48	0.13	0.03	0.20	0.68	0.02	0.11	1.554	642	639	639±0	
NLB1-121/127	0.39	0.48	0.10	0.04	0.20	0.69	0.02	0.10	1.443	654	650		
NLB1-123/127	0.39	0.48	0.10	0.04	0.19	0.69	0.02	0.10	1.494	652	648		
NLB1-129/128	0.36	0.47	0.13	0.04	0.23	0.67	0.02	0.09	1.340	643	641		
NLB1-140/141	0.35	0.48	0.14	0.03	0.17	0.70	0.02	0.11	1.709	638	635		
NLB1-145/143	0.39	0.47	0.11	0.03	0.18	0.69	0.02	0.11	1.523	650	647		
NLB1-136/135-inc	0.38	0.47	0.12	0.04	0.17	0.67	0.02	0.14	1.576	651	648	645±6	
08.16-61/59	0.34	0.50	0.12	0.03	0.16	0.68	0.01	0.14	1.804	643	641		
08.16-62/59	0.34	0.50	0.12	0.03	0.11	0.68	0.01	0.20	2.200	643	640		
08.16-66/69	0.33	0.51	0.12	0.03	0.13	0.65	0.01	0.22	2.027	648	645	642±3	
08.23-43/42	0.36	0.48	0.13	0.03	0.14	0.68	0.01	0.17	1.847	644	641		
MK2-115/116	0.41	0.45	0.10	0.03	0.12	0.59	0.02	0.27	1.693	677	674		
MK2-115/117	0.42	0.43	0.11	0.04	0.12	0.59	0.02	0.27	1.622	672	669		
MK2-115/118	0.40	0.45	0.11	0.04	0.12	0.59	0.02	0.27	1.720	670	667		

MK2-122/120	0.41	0.46	0.09	0.04	0.12	0.60	0.01	0.27	1.733	679	675		
MK2-123/120	0.41	0.46	0.09	0.04	0.14	0.59	0.03	0.24	1.562	685	681		
MK2-124/120	0.41	0.46	0.09	0.04	0.13	0.59	0.04	0.24	1.636	685	681	674±6	**648±11**
Micaschiste à grenat-disthène													
HA5-64/62	0.20	0.65	0.11	0.03	0.30	0.52	0.09	0.09	1.708	651	648		
HA5-77/76	0.21	0.65	0.12	0.03	0.27	0.47	0.14	0.12	1.700	659	657		
HA5-79/80-inc	0.20	0.65	0.12	0.03	0.27	0.46	0.15	0.12	1.718	662	659		
HA5-79/83-inc	0.19	0.65	0.13	0.02	0.27	0.46	0.15	0.12	1.738	657	655		
HA5-79/85-inc	0.21	0.66	0.11	0.03	0.27	0.46	0.15	0.12	1.686	664	661		
HA5-81/80-inc	0.20	0.65	0.12	0.03	0.26	0.46	0.16	0.12	1.778	661	658		
HA5-81/83-inc	0.19	0.65	0.13	0.02	0.26	0.46	0.16	0.12	1.798	657	654		
HA5-81/85-inc	0.21	0.66	0.11	0.03	0.26	0.46	0.16	0.12	1.746	663	660	656±4	
ST2-13/11	0.31	0.54	0.12	0.03	0.22	0.64	0.02	0.12	1.638	645	642		
ST2-13/12	0.31	0.54	0.12	0.03	0.22	0.64	0.02	0.12	1.613	646	644		
ST2-14/11	0.31	0.54	0.12	0.03	0.22	0.64	0.03	0.11	1.638	645	642		
ST2-14/12	0.31	0.54	0.12	0.03	0.22	0.64	0.03	0.11	1.613	646	643		
08.22-28/30	0.31	0.53	0.13	0.03	0.23	0.65	0.01	0.11	1.588	639	636	641±3	
08.22-28/31	0.31	0.54	0.12	0.03	0.23	0.65	0.01	0.11	1.594	642	639		
08.22-29/30	0.31	0.53	0.13	0.03	0.20	0.68	0.01	0.11	1.767	636	634		
08.22-29/31	0.31	0.54	0.12	0.03	0.20	0.68	0.01	0.11	1.774	639	636	636±3	
BOG7-76/77	0.33	0.47	0.17	0.03	0.21	0.65	0.02	0.12	1.474	635	633		
BOG7-84.3/84.4-inc	0.28	0.54	0.14	0.04	0.13	0.71	0.01	0.15	2.346	629	627		
BOG7-84.5/84.4-inc	0.28	0.54	0.14	0.04	0.20	0.68	0.02	0.10	1.877	631	629	630±3	
BOG9-10/11	0.29	0.55	0.13	0.03	0.21	0.63	0.02	0.13	1.721	641	639		
BOG9-13/15	0.30	0.54	0.13	0.03	0.18	0.67	0.01	0.13	1.903	638	635		
BOG9-14/15	0.30	0.54	0.13	0.03	0.19	0.67	0.02	0.13	1.891	638	636		
BOG9-16/17	0.30	0.54	0.13	0.03	0.20	0.65	0.02	0.14	1.758	643	641	638±3	**644±11**
Migmatites à grenat-disthène													
08.20-3/9	0.36	0.45	0.11	0.09	0.23	0.66	0.03	0.08	1.276	645	642		
08.20-5/9	0.36	0.45	0.11	0.09	0.23	0.62	0.03	0.13	1.214	657	654		
08.20-11/13	0.34	0.45	0.14	0.08	0.25	0.65	0.02	0.08	1.235	637	634		
08.20-12/13	0.34	0.45	0.14	0.08	0.22	0.66	0.03	0.09	1.378	638	635	641±8	
08.21-58/57-inc	0.29	0.54	0.16	0.02	0.19	0.66	0.03	0.12	1.869	635	633		
08.21-59/57-inc	0.29	0.54	0.16	0.02	0.19	0.65	0.03	0.13	1.853	637	635		
08.21-60/57-inc	0.29	0.54	0.16	0.02	0.21	0.64	0.02	0.12	1.738	636	633	634±8	**638±8**

Le troisième géothermomètre que nous avons appliqué repose sur le partage de Fe et Mg entre hornblende et grenat. Deux calibrations ont notamment été proposées : celle de Graham et Powell (1984) et celle de Ravna (2000). Elles s'écrivent respectivement :

$$T°C = \frac{2880 + 3280 X_{Grs}}{2.426 + LnKD} - 273$$

$$T°C = \frac{1505 + 1784(X_{Ca}^{Grt} + X_{Mn}^{Grt})}{0.720 + LnKD} - 273$$

avec KD = $Fe^{2+}/Mg)^{Grt}/(Fe^{2+}/Mg)^{Hbl}$, et X_{Grs} la fraction molaire de grossulaire, X_{Ca} = $Ca/(Ca+Mn+Mg+Fe^{2+})$ et X_{Mn} = $Mn/(Ca+Mn+Mg+Fe^{2+})$ dans le grenat.

Tableau XXI. Données et températures pour le thermomètre hornblende-grenat.

	grenat				hornblende			T°C		Moyenne/ échantillon et unité	
Echantillon/analyse	**Xalm**	**Xpyr**	**Xgrs**	**Xspes**	**XMg**	**XFe**	**lnKD**	**Graham et Powell**	**Ravna**	**GP**	**R**
Amphibolites de la partie inférieure											
BB1-69/70	0.55	0.20	0.22	0.03	0.61	0.39	1.481	647	614		
BB1-69/71	0.55	0.20	0.22	0.03	0.66	0.44	1.422	665	643		
BB1-170/172	0.56	0.18	0.21	0.03	0.64	0.36	1.689	596	532	636±36	596±58
MK5-32/30	0.48	0.14	0.38	0.01	0.56	0.44	1.479	782	725		
MK5-24/28	0.51	0.14	0.34	0.02	0.54	0.46	1.465	750	707		
MK5-38/34	0.50	0.12	0.36	0.03	0.57	0.43	1.741	701	621		
MK5-39/35	0.49	0.14	0.35	0.02	0.55	0.45	1.491	756	706		
MK5-40/36	0.50	0.14	0.35	0.02	0.54	0.46	1.454	762	721		
MK5-41/44	0.51	0.15	0.32	0.03	0.55	0.45	1.415	750	720		
MK5-42/45	0.49	0.13	0.35	0.03	0.56	0.44	1.559	734	681		
MK5-46/47	0.50	0.13	0.34	0.03	0.57	0.43	1.616	717	651		
MK5-46/53	0.50	0.13	0.34	0.03	0.58	0.42	1.657	707	635	740±27	685±40
BOG3-27/26	0.50	0.12	0.35	0.03	0.60	0.40	1.806	676	589		
BOG3-62/61	0.47	0.10	0.40	0.03	0.56	0.44	1.777	722	632		
BOG3-65/63	0.47	0.11	0.40	0.03	0.57	0.43	1.719	734	652		
BOG3-36/37	0.49	0.11	0.36	0.04	0.58	0.42	1.801	688	604	705±28	619±28
PK18-81/79	0.50	0.24	0.26	0.01	0.53	0.47	0.863	857	977		
PK18-81/83	0.50	0.24	0.26	0.01	0.56	0.44	0.984	817	888		
PK18-89/87	0.48	0.24	0.28	0.01	0.54	0.46	0.839	885	1017		
PK18-89/90	0.48	0.24	0.28	0.01	0.52	0.48	0.759	914	1087		
PK18-89/91	0.48	0.24	0.28	0.01	0.56	0.44	0.920	857	953		
PK18-96/98	0.55	0.16	0.25	0.04	0.52	0.48	1.325	715	715		
PK18-100/102	0.55	0.18	0.24	0.04	0.55	0.45	1.340	702	698	821±82	905±149
08.28-37/35	0.56	0.12	0.30	0.02	0.55	0.45	1.726	654	573		
08.28-43/46	0.53	0.10	0.33	0.04	0.61	0.39	2.131	594	485		
08.28-44/46	0.54	0.12	0.32	0.03	0.61	0.39	1.969	620	516		
08.28-45/46	0.52	0.10	0.35	0.03	0.61	0.39	2.086	620	507		
08.28-47/49	0.51	0.05	0.32	0.13	0.57	0.43	2.557	513	427		
08.28-47/50	0.51	0.05	0.32	0.13	0.52	0.48	2.355	546	472		
08.28-48/50	0.52	0.09	0.33	0.07	0.52	0.48	1.883	643	579	599±52	508±54
NB5B-157/156	0.64	0.07	0.28	0.02	0.60	0.40	2.656	475	329		
NB5B-159/156	0.57	0.10	0.30	0.03	0.60	0.40	2.141	576	460		
NB5B-160/161	0.56	0.11	0.30	0.03	0.56	0.44	1.828	635	548		
NB5B-160/162	0.56	0.11	0.30	0.03	0.61	0.39	2.034	593	486	570±68	456±92
08.18-145/153	0.70	0.20	0.21	0.03	0.61	0.39	1.703	590	526		
08.18-146/153	0.68	0.21	0.19	0.03	0.61	0.39	1.609	597	545		
08.18-147/153	0.70	0.21	0.20	0.03	0.61	0.39	1.650	590	530		
08.18-149/153	0.68	0.22	0.21	0.03	0.61	0.39	1.588	612	562		
08.18-150/153	0.69	0.23	0.18	0.03	0.61	0.39	1.552	598	549		
08.18-159/161	0.69	0.21	0.19	0.03	0.64	0.36	1.749	564	496		
08.18-160/161	0.70	0.22	0.19	0.03	0.64	0.36	1.741	571	498		
08.18-162/161	0.69	0.22	0.19	0.03	0.64	0.36	1.700	575	508		
08.18-163/161	0.69	0.21	0.22	0.03	0.64	0.36	1.768	584	507	587±15	525±24
										672±102	**625±161**
Amphibolites de la partie supérieure											
PN3-100/101	0.53	0.18	0.29	0.00	0.57	0.43	1.356	735	700		
PN4-119/117	0.47	0.23	0.29	0.01	0.65	0.35	1.306	757	735		
PN4-119/118	0.47	0.23	0.29	0.01	0.62	0.38	1.176	794	803		
PN4-121/120	0.48	0.22	0.30	0.01	0.62	0.38	1.273	773	757	765±25	749±43
BOG8-83/82	0.51	0.11	0.34	0.04	0.58	0.42	1.830	663	581		
BOG8-86/85	0.52	0.11	0.32	0.04	0.56	0.44	1.766	667	596	665±3	588±11
										732±55	**695±90**
Metagabbros à grenat de Mamb											
MA5-180/179	0.60	0.18	0.22	0.00	0.60	0.40	1.613	618	541		
MA5-181/179	0.61	0.17	0.21	0.01	0.60	0.40	1.657	599	523	609±14	532±13
MA21-50/49	0.63	0.15	0.20	0.02	0.55	0.45	1.637	599	531		
MA21-53/49	0.62	0.14	0.22	0.02	0.55	0.45	1.694	597	525		
MA21-58/59	0.62	0.15	0.23	0.01	0.59	0.41	1.768	593	506		
MA21-58/60	0.62	0.15	0.23	0.01	0.58	0.42	1.727	601	519	598±3	521±9
										601±9	**524±12**
Unité des orthogneiss paléoprotérozoïques											
MP2-56/55	0.65	0.15	0.16	0.04	0.51	0.49	1.511	590	558		
MP2-57/55	0.67	0.16	0.15	0.03	0.51	0.49	1.496	584	550		
MP2-58/55	0.66	0.16	0.15	0.04	0.51	0.49	1.484	588	558		
MP2-59/55	0.58	0.21	0.19	0.03	0.51	0.49	1.062	731	786		

MP2-69/71	0.53	0.25	0.21	0.01	0.53	0.47	0.896	803	905		
MP2-70/71	0.66	0.17	0.15	0.03	0.53	0.47	1.508	582	541		
MP2-74/73	0.64	0.15	0.18	0.03	0.57	0.43	1.758	556	485	633±95	626±156
MK8-32/34	0.56	0.14	0.22	0.08	0.51	0.49	1.448	652	666		
NO7-3/4	0.58	0.13	0.23	0.06	0.70	0.30	2.339	491	389		
NO7-3/5	0.58	0.13	0.23	0.06	0.60	0.40	1.898	569	501		
NO7-15/14	0.59	0.13	0.22	0.06	0.62	0.38	1.963	546	475	535±40	455±58
										608±89	**583±149**

Le premier point à noter est que les résultats donnés par les deux calibrations ne sont pas sensiblement différentes compte tenu des écarts-types, celles obtenues par le thermomètre de Ravna étant systématiquement plus faibles. Le deuxième point est que les valeurs sont cohérentes avec celles des autres géothermomètres (si l'on excepte l'échantillon PK8 dont les valeurs de températures sont anormalement élevées) avec une moyenne globale de 641±79°C. Enfin, nous avons également effectué le calcul sur les grenats des amphibolites à grenat en enclaves dans les orthogneiss à biotite paléoprotérozoïques de la série du Nyong, prélevés à proximité du contact avec les formations panafricaines. Il est intéressant de noter que les valeurs sont semblables à celles obtenues dans les amphibolites panafricaines, suggérant un rééquilibrage des formations du Nyong lors du métamorphisme panafricain comme notamment indiqué par les textures coronitiques dans ces mêmes amphibolites à grenat. Néanmoins, une approche plus complète serait nécessaire pour mieux étayer cela.

Au total, l'approche thermométrique donne une estimation des températures autour de 600-650°C, qui permettent de préciser l'encadrement défini à partir des grilles pétrogénétiques.

III.3.2. Modélisation THERMOCALC

Pour aller un peu plus loin dans la détermination des conditions P-T du pic métamorphique panafricain, nous avons utilisé la modélisation par le logiciel THERMOCALC/version 3.26 (Powell et Holland, 1988, 1994). Les calculs ont été réalisés par Mme N. Le Breton (ISTO, Université d'Orléans) à partir des données en roche totale et sur minéraux obtenues sur un échantillon de micaschiste à grenat-disthène (ST1) que nous lui avons fournies. Les modèles de relations activité-composition retenus pour les calculs sont ceux de Tinkham et al. (2001). Tous les assemblages sont à quartz et eau en excès. Le résultat de la modélisation est présenté dans la figure 57 : la grille pétrogénétique et l'estimation des conditions de pression et température (ellipse = 2σ).

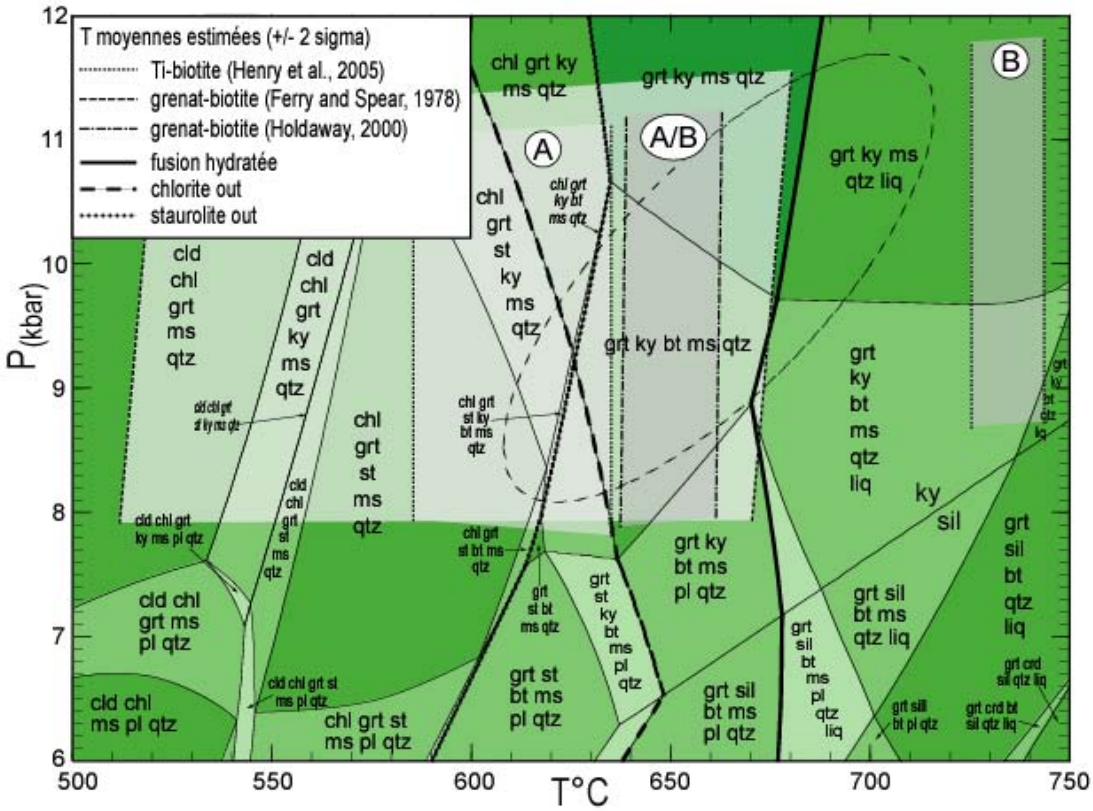


Figure 57. Grille pétrogénétique calculée avec THERMOCALC pour un micaschiste à grenat-disthène du massif de Mambé (ST1). L'ellipse représente les conditions P-T probables avec une erreur à 2σ. A = valeurs thermométriques pour les micaschistes, B = valeurs thermométriques pour les migmatites à grenat-disthène.

La grille pétrogénétique obtenue est cohérente avec les paragenèses observées, y compris pour les phases précoces en inclusion dans les porphyroblastes de grenat et de disthène, à l'exception de la staurotide qui n'a jamais été observée. Les conditions déduites de cette modélisation sont de 9.7 kbar et 650°C, en cohérence avec les données de thermométrie. Néanmoins, plusieurs points sont à noter :

(i) les valeurs de température pour les migmatites à grenat-disthène estimées à partir de la teneur en Ti des biotites est surestimée, par contre celles déduites du thermomètre de Holdaway sont un peu sous-estimée par rapport à cette grille modèle ;

(ii) l'assemblage stable défini par la modélisation ne comporte pas de plagioclase, or les paragenèses observées contiennent dans la plupart des cas du plagioclase ; ceci peut s'interpréter de deux manières : soit le plagioclase présent dans les paragenèses des micaschistes n'est pas en équilibre avec le reste des autres minéraux, soit les paramètres utilisées pour calculer le modèle ne sont pas totalement pertinents.

(iii) il est à noter que cette grille a été calculée pour un système saturé en eau, ce qui n'est pas nécessairement le cas dans la réalité ; notamment la présence ubiquiste du graphite suggère que le fluide ait contenu des espèces carbonées.

En dépit de ces quelques incertitudes, on peut raisonnablement estimer les conditions du pic métamorphique autour 9.7 kbar et d'une valeur moyenne de 650°C, sachant que la température était inférieure dans les micaschistes et supérieure dans les migmatites à grenat-disthène. Ces résultats sont en bonne cohérence avec celles de Stendal et al. (2006) obtenue plus au nord de la région étudiée. Un point important à noter est que si les paragenèses progrades sont en général bien conservées sous forme d'inclusions dans les porphyroblastes de grenat ou de disthène dans les métapélites, il n'y a aucune évidence de minéraux rétrogrades si ce n'est un peu de biotite, de muscovite ou de chlorite. Notamment, il n'y a aucune évidence de décompression la sillimanite n'ayant jamais été observée. C'est un point étonnant qui méritera plus amples investigations.

III.4. Estimation de l'âge du métamorphisme

Nous avons par ailleurs tenté d'estimer l'âge du métamorphisme panafricain, sujet qui a fait l'objet de quelques travaux récents (Toteu et *al.*, 2006 ; Stendal et *al.*, 2006 ; Owona, 2008). L'âge de 618±7 Ma obtenu par Toteu et *al.* (2006) sur le métagabbro à grenat de Mamb apparaît probablement comme une bonne approximation de l'âge du métamorphisme, ce métagabbro à grenat étant considéré comme synmétamorphique. Nous nous sommes donc intéressé à la monazite, plus sensible aux recristallisations que le zircon.

III.4.1. Monazite des micaschistes à grenat-disthène

La méthode de datation chimique U-Th-Pb sur monazite a été appliquée aux micaschistes à grenat-disthène (éch. ST1) et aux migmatites à grenat-disthène (éch. 08.21) panafricains de la région de Boumnyebel. Ces deux échantillons proviennent du massif de Mambé.

Les monazites sont présentes sous forme de cristaux dont la taille varie d'une dizaine à une centaine de micromètres. Deux types de gisement ont pu être observés : (i) des grains bien individualisés associés ou en inclusion dans les autres phases de la roche (fig. 58a, b, c), (ii) des cristaux en pseudomorphose d'autres cristaux, notamment des épidotes (fig. 58d), ou en bouquets de cristaux aciculaires. A noter que certains grains de monazite présentent des cœurs auréolés d'une surcroissance (fig. 58c).

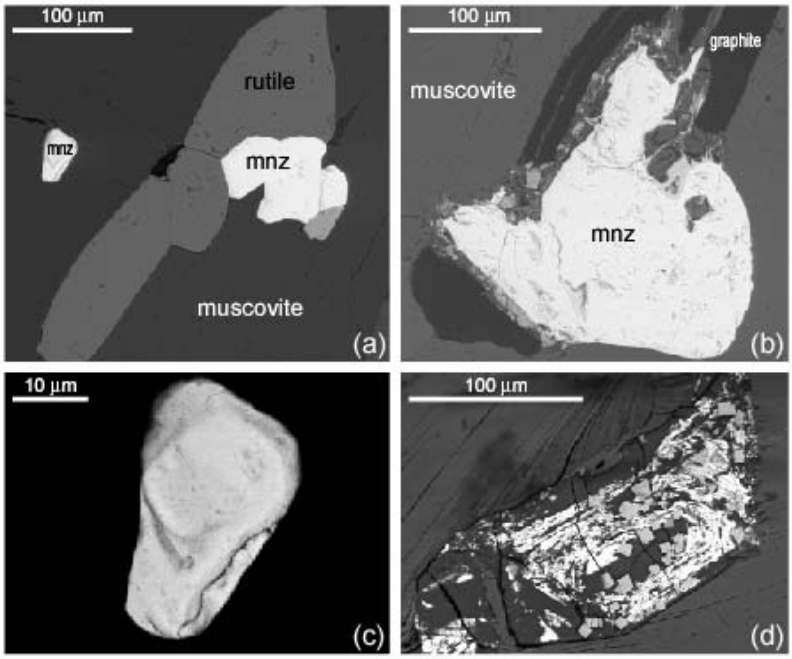


Figure 58. Exemple de cristaux de monazite (mnz) dans les micaschistes à grenat-disthène du massif de Mambé : (a) et (b) cristaux associés au rutile et au graphite respectivement ; (c) cristal de monazite contenant un coeur et une surcroissance ; (d) pseudomorphose d'un cristal d'épidote contenant de la monazite (en clair) et des sulfures (cubes gris).

III.4.2. Résultats

Les données analytiques sont présentées dans le tableau XXII. Les compositions sont homogènes et modérément radioactives, avec des teneurs en Th variant de 2.9 à 4.5 %pds, en U variant de 0.27 à 0.83 %pds et en Pb variant de 1300 à 2200 ppm. Ces valeurs conduisent à des âges individuels s'étendant entre 536 et 759 Ma.

L'analyse statistique de la distribution des âges montre que la population est homochronologique. L'échantillon ST1 donne un âge de 622±43 Ma, (MSWD=0.59) et l'échantillon 08.21 un âge de 653±29 Ma (MSWD=0.81). Ces âges sur monazite doivent être comparés aux âges obtenus d'une part sur zircon d'intrusions synmétamorphiques à Yaoundé (pyriclasite de Ngoa-Ekele datée à 620±10 et 623±4 Ma ; Penaye et *al.*, 1993 ; Owona, 2008) et à Boumnyebel (métagabbros à grenat de Mamb daté à 618±7 Ma par Toteu et *al.* 2006), et d'autre part sur grenat (616 Ma; 611±20 Ma Toteu et *al.*, 1994 ; Stendal et *al.*, 2006) et monazites (546–604 Ma ; Owona, 2008) de métasédiments de Yaoundé.

Tableau XXII. Données U, Th, Pb et âges correspondants obtenus sur des monazites d'un micaschiste et d'une migmatite à grenat-disthène de la région de Boumnyebel.

U(ppm)	error	Th(ppm)	error	Pb(ppm)	error	Age (Ma)	error
Sample ST1							
5006	498	31104	557	1370	259	636	114
4700	500	41363	616	1647	262	640	99
4864	495	34758	580	1457	260	634	115
4469	492	37122	589	1446	259	617	105
4810	498	39362	602	1334	263	536	101
4357	495	39564	609	1358	262	559	97
4515	494	29172	549	1360	260	680	131
4521	498	32775	566	1494	260	690	116
4569	499	44611	629	1673	261	620	96
4191	494	35381	580	1473	259	661	107
Sample 08.21							
8460	318	36912	721	1697	319	579	106
8345	317	32378	695	1657	321	611	108
8735	315	33648	702	1684	319	596	113
8287	315	37414	726	1787	322	610	106
2773	300	44236	771	1579	322	654	136
7684	316	32132	692	1789	321	685	122
3618	300	30549	678	1306	318	678	159
4878	302	37713	724	1311	325	541	133
3974	300	35215	711	1613	318	735	140
4101	301	35614	709	1420	321	639	141
7765	314	36119	716	1880	321	671	110
2702	299	39626	740	1734	317	785	141
6547	312	36066	719	1798	320	686	112
7799	314	33760	701	1694	320	629	118
7433	317	40372	746	2245	321	759	101
7167	315	44269	771	2157	325	699	95
5191	308	36115	715	1554	321	645	123
2841	297	41270	751	1412	321	617	132
2828	297	41588	755	1306	320	569	130
2329	296	39975	740	1274	320	593	142
3091	298	35534	714	1282	318	620	144
8327	316	32326	690	1803	321	664	111
8329	315	38395	722	2191	313	730	96

L'ensemble de ces données suggère que les âges les plus jeunes (c'est à dire < 615 Ma) sont très probablement des âges de refroidissement d'autant plus que les données isochrones Rb-Sr obtenues sur le couple mica/roche totale se situent autour de 554–599 Ma selon Owona (2008). Les âges les plus anciens indiqueraient au contraire la présence d'un composant hérité. Au total il semble que l'âge le plus probable pour le pic métamorphique se situe autour de 620 Ma comme initialement proposé par Toteu et *al.* (2006a).

Signalons pour clore ce chapitre que les datations des orthogneiss à grenat (éch. MP1, MP3 et MP4) qui constituent le socle paléoprotérozoïque dans la région de Boumnyebel et des amphibolites à grenat de Mamb Kellé (éch. MK5) ont été entreprises par la méthode isotopique U-Th-Pb sur zircon. Ces datations sont en cours de réalisation. Enfin, il faut

préciser que les séparations du zircon faites sur les pyroxénites à amphibole de Mamb (éch. MA08) n'ont pas été couronnées de succès en raison de la très faible quantité des zircons et surtout de leur petitesse.

III.5. Conclusion

En conclusion, il ressort de cette étude des assemblages métamorphiques que le pic du métamorphisme dans la région de Boumnyebel se situe dans les conditions du faciès des amphibolites de haute température. Plusieurs points doivent être soulignés compte tenu des discussions qui ont eu lieu au cours des quelques années antérieures.

Premièrement, le pic de température apparaît synchrone avec la phase D2 considérée par Mvondo et *al.* (2003) comme traduisant une extension et une exhumation de la nappe de Yaoundé. Deuxièmement, la disposition géométrique des assemblages métamorphiques et notamment le passage au NW des micaschistes à grenat-disthène aux migmatites à grenat-disthène indique que les isogrades sont en positions normales. L'ensemble de ces données est plus en accord avec le modèle de Mvondo et *al.* (2003) qu'avec celui de Nzenti et *al.* (1988). Nous considérons donc qu'en l'état actuel des connaissances c'est probablement le modèle de Mvondo et *al.* (2003) qui apparaît le plus plausible, à savoir une première phase de mise en place des nappes, suivies d'une extension généralisée accompagnée du pic métamorphique et de la migmatisation. On peut considérer que cette dernière phase s'est produite vers 620 Ma.

Néanmoins, un point reste obscur, c'est la décompression. Si elle est implicite dans le modèle d'extension, elle n'est pas réellement enregistrée par les paragenèses. En particulier il n'y a aucune évidence de transformation du disthène en sillimanite dans les micaschistes à grenat-disthène de Boumnyebel, transformation à laquelle on doit s'attendre dans le cas d'une exhumation. Ce point reste encore à creuser.

CHAPITRE IV.
SYNTHESE ET DISCUSSION

Ce chapitre a fait l'objet d'une publication synthétique aux Comptes Rendus Géosciences (doi:10.1016/j.crte.2009.12.007).

IV.1. SYNTHESE DES RESULTATS

La région que nous avons étudiée est constituée de deux grands ensembles : (i) un domaine paléoprotérozoïque, constitué essentiellement d'orthogneiss à biotite et d'amphibolites à grenat, affleurant au sud et sud-ouest, et (ii) un domaine panafricain, constitué pour l'essentiel de micaschistes et de roche mafiques/ultramafiques, occupant la majeure partie de la carte que nous avons réalisée.

Les orthogneiss à biotite du domaine paléoprotérozoïque qui forment le substratum des formations panafricaines, correspondent à des TTG à l'exception d'un échantillon ayant les caractéristiques des granites post-archéens. L'amphibolite à grenat échantillonnée a la composition d'un basalte et se distingue des amphibolites panafricaines par un fractionnement plus marqué des terres rares lourdes. Son spectre multiélémentaire est proche de celui d'une andésite calco-alcaline et se distingue de ceux des MORB, des OIB ou des basaltes alcalins. Notre étude de ce domaine reste très succincte, notre échantillonnage ayant été limité au voisinage de la nappe panafricaine. Ces roches sont migmatitiques et se caractérisent par des plis associés à des cisaillements de direction N07°E 75°E. Les caractéristiques structurales ne sont pas différentes de celles des roches de la nappe panafricaine (linéation d'étirement NNE-SSW, foliation N-S to NW-SE avec un pendage vers l'E ou le NE) mais se distinguent par contre des formations paléoprotérozoïques situées plus au sud (foliation NE-SW avec pendage vers le NW, linéation EW à NW-SE). Cela témoigne d'une réactivation des formations du Nyong au cours de l'orogenèse panafricaine, en accord avec les travaux antérieurs de Feybesse et *al.* (1998). Les paragenèses des orthogneiss et des amphibolites indiquent deux étapes de recristallisation:

(i) les assemblages primaires, soit associés à des structures mylonitiques dans les orthogneiss à grenat (Qtz+Kfs+Pl+Bt), soit présents dans les amphibolites à grenat (Hbl+Grt1+Pl+Qtz±Cpx±Bt+Mag±Ilm) sont attribués à l'épisode paléoprotérozoïque ;

(ii) les assemblages secondaires correspondent au développement de l'association Mu±Bt±Ep sur les feldspaths et biotite (orthogneiss à grenat) et à la surcroissance de grenat automorphe (Grt2) autour du Grt1 et de la magnétite, et de couronnes de hornblende autour du Cpx et de la magnétite (amphibolites à grenat) ; les températures obtenues par thermométrie sur l'assemblage grenat-hornblende (de l'ordre de 630°C) sont cohérentes avec celles obtenues sur les formations panafricaines ; tout cela confirme le rééquilibrage des formations du Nyong lors du métamorphisme panafricain.

Les échantillons d'orthogneiss à grenat prélevés dans le cadre de cette étude sont en cours de datation par la méthode U-Pb sur zircon. Les résultats viendront compléter les données géochronologiques existantes sur ces formations paléoprotérozoïques.

Les formations panafricaines couvrent l'essentiel de la région de Boumnyebel et sont constituées, pour la majeure partie d'entre elles, de **micaschistes** (avec ou sans disthène) localement migmatitiques et de composition semi-pélitique à pélitique. La partie inférieure est formée de micaschistes à grenat recoupés par des veines quartzofeldspathiques, alors que la partie supérieure est formée de micaschistes à grenat-disthène. ces deux ensembles paraissent être séparés par des niveaux de talcschistes, mais cela doit encore être confirmé par des levers plus détaillés. Nos données chimiques permettent d'interpréter les protolithes des micaschistes comme d'anciens sédiments dérivés de l'érosion d'une croûte continentale proche et d'une zone volcanique active, en accord avec les travaux de Stendal et *al.* (2006). Au nord-ouest de la carte, dans le massif de Mambé, les micaschistes à grenat-disthène forment avec les migmatites à grenat-disthène une structure synclinale dont l'axe moyen est proche de l'horizontale et orienté N15°E. La structure d'ensemble du Nord-est rappelle un peu celle du nord-ouest avec un enroulement des pôles de foliation autour d'un axe NNE-SSW (N09°E 19°S). Au sud-ouest et au sud-est, la structure d'ensemble est en dômes et bassins. Deux phases de déformation sont enregistrées : (i) la première est essentiellement marquée par une schistosité préservée dans les porphyroblastes de grenat et disthène, mais peut également être observée dans les roches ; (ii) la seconde correspond à la schistosité majeure. Ces deux schistosités sont associées à deux types de paragenèses (prograde et principale). La paragenèse prograde (Qtz+Bt+Rt+Gr±Pl±Mu±Trm±Chl±Cal) est caractéristique du faciès des schistes-verts, alors que la paragenèse principale (Qtz+Bt+Mu+Grt±Ky+Gr+Rt±Pl±Trm)

correspond au faciès des amphibolites de haute température et haute pression. Les données thermobarométriques et plus spécifiquement la modélisation THERMOCALC donnent une estimation des conditions P-T pour la phase majeure de 9.7 kbar et 650°C à partir des micaschistes à grenat-disthène. Les températures pour les migmatites sont plus élevées (de 650 à 730°C). Un essai de datation de ce pic métamorphique par la méthode Th-U-Pb sur monazite, a donné des âges de 622±43 Ma (MSWD=0.59) sur les micaschistes à grenat-disthène et de 653±29 Ma (MSWD=0.81) sur les migmatites à grenat-disthène. Par comparaison aux données existantes (Penaye et *al.,* 1993 ; Toteu et *al.,* 1994 ; Stendal et *al.,* 2006 ; Owona, 2008), il semble que l'âge le plus probable pour le pic métamorphique se situe autour de 620 Ma comme initialement proposé par Toteu et al. (2006), les âges plus anciens traduisant une composante héritée probable, les âges plus jeunes (< 615 Ma) étant très vraisemblablement des âges de refroidissement.

Les roches mafiques et ultramafiques panafricaines en majorité interlitées dans les micaschistes se localisent pour l'essentiel dans la partie inférieure de la pile lithologique où elles sont recoupées par de nombreuses veines quartzofeldspathiques. Elles comprennent par ordre d'importance décroissante : des amphibolites à grenat/à épidote, des ultramafites (talcschistes, pyroxénites, hornblendites) et des métagabbros à grenat. A ces faciès sont associés des faciès accessoires comme des marbres à dolomite, des biotitites, des actinolites, des épidotites. La plupart des **amphibolites** paraissent avoir pour protolithe des roches à compositions de basalte de type N-MORB. Toutefois, quelques amphibolites à épidote ont des caractéristiques des basaltes de type E-MORB ou d'OIB. Certaines amphibolites se situent dans le champ des tholéiites d'arcs insulaires. Dans le diagramme Ti-V, les amphibolites à grenat forment une lignée très nette suggérant une évolution par cristallisation fractionnée alors que les amphibolites à épidote sont assez dispersées suggérant plutôt des taux de fusion variés. Les **métagabbros à grenat** et les roches associées (biotitite, hornblendite, grenatite et veines quartzofeldspathiques) constituent un ensemble intrusif, d'affinité calco-alcaline, synchrone du métamorphisme, comme suggéré par l'âge U-Pb sur zircon de 618±7 Ma (Toteu et *al.,* 2006) et par le fait que ces roches ne portent que la schistosité S_2. Les spectres de terres rares très fractionnés et les anomalies négatives en Nb, Ta, Zr et Hf sont évocatrices de magmas liés à un environnement magmatique de type convergence de plaques. Les **hornblendites** et les **pyroxénites** présentent une affinité avec les roches d'arcs insulaires et/ou avec les N-MORB. Les **talcschistes** présent dans toute la région étudiée affleurent en couche d'épaisseur variable (pouvant atteindre une trentaine de mètres), biseautée et boudinée par endroits, et préférentiellement localisées autour des altitudes 400-450m. Deux exceptions

sont les talcschistes associés aux marbres à dolomite affleurant dans la partie supérieure à Henguégué (alt.: ~500 m), et les talcschistes au contact des orthogneiss à biotite paléoprotérozoïques à Memel (alt.: ~ 200m). Exception faite des talcschistes à dolomite associés aux marbres à dolomite de Henguégué, les protolithes des talcschistes sont de nature ultramafique à affinité de tholéiites d'arcs. La dispersion assez forte des spectres multiélémentaires peut vraisemblablement être attribuée à des modifications ultérieures à la formation de ces roches (altération, métamorphisme, hydrothermalisme). Les assemblages métamorphiques des roches mafiques et ultramafiques, notamment l'assemblage Pl+Hbl+Grt±Cpx, indiquent que les conditions sont celles du faciès des amphibolites, avec des températures de l'ordre de 650-670°C. La stabilité de l'assemblage Pl+Hbl dans les roches mafiques implique des pressions < 10 kbar.

IV.2. DISCUSSION

IV.2.1 Formations paléoprotérozoïques (groupe du Nyong)

Nous ne reviendrons que brièvement sur les formations du groupe du Nyong dans la mesure où notre étude n'a fait que les effleurer dans la partie sud-ouest de notre carte. Ces formations correspondent à des roches métaplutoniques et métasédimentaires archéennes ou paléoprotérozoïques, recristallisées sous des conditions de haut degré et sont considérées par Feybesse et *al.* (1998) comme une unité allochtone mise en place vers 2050 Ma et affectée par le métamorphisme panafricain à 626 ± 26 Ma (Lerouge et *al.*, 2006 ; Nédélec et *al.*, 1993 ; Toteu et *al.*, 1994). La terminaison Nord-est du groupe du Nyong (sud et sud-est la région de Boumnyebel) est constituée d'orthogneiss à biotite et d'amphibolites à grenat et qui présentent les mêmes caractéristiques que les TTG (gneiss migmatitiques) de la ceinture ouest d'Afrique centrale (WCAB) décrits par Penaye et *al.* (2004). Par ailleurs, la proximité des régions de Boumnyebel et d'Eséka laisse penser que ces roches ont le même âge que les gneiss migmatitiques datés à 2.05 Ga (Sm-Nd) et à 2.5 Ga (U-Pb sur zircon) et les amphibolites à grenat et pyroxène datées à 2.05 Ga (Sm-Nd; U-Pb sur zircon) par Toteu et *al.* (1994). Nous espérons que les datations par la méthode U-Pb sur zircon en cours sur nos échantillons viendront compléter les données existantes sur la terminaison nord-est du groupe du Nyong.

L'évolution paléoprotérozoïque est caractérisée dans la série du Nyong par le développement d'un métamorphisme du faciès des granulites (Penaye et *al.*, 2004). La terminaison nord-est de la série du Nyong qui fait partie du secteur d'étude (sud de la région de Boumnyebel) montre un métamorphisme du faciès des amphibolites de HT. L'évolution panafricaine dans cette série du Nyong est caractérisée par une recristallisation à HT et une surcroissance statique du grenat qui marque des assemblages granulitiques datés à 2.05 Ga sans le développement d'une nouvelle foliation (Penaye et *al.*, 2004). Nos résultats confirment ces observations :

(i) les paragenèses métamorphiques montrent clairement deux phases de recristallisation, la seconde étant notamment marquée dans les amphibolites à grenat par des textures en couronnes (surcroissances de grenat et amphibole) ;

(ii) la foliation majeure N-S à NNW-SSE (avec un pendage vers l'E ou le ENE) et la linéation d'étirement NNE-SSW (à faible plongement vers le SSW) dans les orthogneiss à biotite du secteur étudié diffèrent de celles du groupe du Nyong proprement dit (au sens strict) qui montre une foliation NE-SW avec un pendage vers le NW associée à une linéation d'étirement E-W à NW-SE (Feybesse et *al.*, 1998; Penaye et *al.*, 2004) ;

(iii) les températures reconstituées par thermométrie sur les amphibolites à grenat sont cohérentes avec celles obtenues sur les formations panafricaines ; enfin

(iv) ces caractéristiques sont également cohérentes avec les données de Feybesse et *al.* (1998) indiquant un mélange tectonique au contact de la nappe panafricaine. Il apparait donc de bons arguments pour considérer que les formations du groupe du Nyong ont été reprises lors de l'orogenèse panafricaine au contact de la nappe.

Nous noterons pour terminer que Stendal et *al.* (2006) indiquent dans la carte géologique de la région de Dibang que la limite entre les formations panafricaines et celles paléoprotérozoïques pour ce qui est de la terminaison nord-est de la série du Nyong se situe à quelques mètres au sud de la tranchée routière de Boumnyebel-Pouma alors que nos travaux nous conduisent à situer cette limite plus au sud, dans les localités de Memel et de Mapan.

IV.2.2 Formations panafricaines

Les résultats obtenus permettent de discuter sur plusieurs points : (i) la géométrie des talcschistes ; (ii) la nature et la signification des protolites des séries panafricaines ; (iii) la relation entre métamorphisme et déformation (phase D2 mise en évidence dans le groupe de

Yaoundé) ; (iv) la nature et l'âge du métamorphisme ; et (iv) la localisation de la zone de suture de la chaîne panafricaine d'Afrique centrale.

IV.2.2.1. Géométrie des indices de talc

Bien que nos travaux ne permettent pas de répondre sans ambigüité à la question de savoir s'il existe un ou plusieurs niveaux de talcschistes, un certain nombre d'observations permet de discuter du gisement probable de ces roches. Nous résumons ci-dessous les points essentiels :

(i) la plupart des talcschistes se situent à l'altitude 400-450 m, suggérant l'existence d'un niveau principal de talcschiste ;

(ii) deux exceptions ont été notées, l'une au nord-est (Henguégué) où les talcschistes à dolomite se présentent à la base des micaschistes à grenat-disthène à une altitude de 500m, l'autre au sud-ouest à proximité du contact avec le socle paléoprotérozoïque où les talcschistes à trémolite sont à une altitude 200m ;

(iii) sous les talcschistes les roches mafiques et ultramafiques sont abondantes et les micaschistes sont sans disthène ; par ailleurs ces roches sont recoupées par des veines quartzofeldspathiques hydrothermales qui sont absentes dans les micaschistes du niveau supérieur ;

(iv) au-dessus des talcschistes, les micaschistes deviennent alumineux (disthène) et les roches mafiques et ultramafiques deviennent rares.

Ces observations nous amènent à considérer que les talcschistes pourraient former un niveau de décollement séparant deux écailles, l'une caractérisée par l'abondance de matériel mafique et ultramafique et l'autre essentiellement métasédimentaire (pélites). Ils semblent également jouer un rôle dans la circulation des fluides métamorphiques (veines quartzofeldspathiques limitées à la partie inférieure). Néanmoins, nos données ne sont pas suffisantes pour trancher, des données supplémentaires étant nécessaires pour corroborer ou infirmer cette interprétation.

IV.2.2.2. Nature et signification des protolites des séries panafricaines

Les protolites des micaschistes de Boumnyebel correspondent à des semi-pélites et pélites, en cohérence avec le fait qu'elles représentent l'extension occidentale de la série de Yaoundé. Les éléments dont nous disposons indiquent la proximité d'une croûte continentale soumise à l'érosion et l'influence de matériel crustal sur la signature géochimique des roches

magmatiques. Aussi, en accord avec l'interprétation de Stendal et *al.* (2006), nous considérons que cette série implique l'érosion d'une croûte continentale, mais aussi d'arcs magmatiques. Il convient de distinguer la partie inférieure où abondent les amphibolites et où les micaschistes seraient plutôt de nature grauwackeuse (arcs volcaniques), de la partie supérieure où les micaschistes sont très alumineux (apport continental). L'abondance dans la partie inférieure des amphibolites à affinité de MORB et des talcschistes est en accord avec cette interprétation. La comparaison avec les résultats acquis dans les régions voisines va dans le même sens. Les migmatites de Yaoundé ont été interprétées comme déposées dans un environnement proche d'un domaine continental (contexte distensif ou marge passive à la bordure nord du craton du Congo ; Nzenti et *al.*, 1988). L'unité métasédimentaire (gneiss à disthène-biotite-grenat; gneiss à biotite-muscovite-grenat; roches à silicates calciques, quartzites) de la région de Ntui-Bétamba est considérée par Ngnotué et *al.* (2000) comme constituée de shales mais avec une forte proportion de matériel détritique et déposée en marge d'un continent.

L'abondance des roches mafiques (amphibolites) et ultramafiques (talcschistes, pyroxénites, hornblendites) est un point important qu'il convient de souligner. Des observations similaires ont été faites au sud de Yaoundé par Owona (2008). Si les talcschistes représentent sans ambigüité d'anciennes roches ultramafiques, il est plus difficile d'en déterminer l'origine (complexes stratiformes démembrés, lambeaux d'ophiolites). Parallèlement, si la nature des protolites des amphibolites fait peu de doute (basaltes essentiellement, mais aussi andésites), leur signature géochimique reste plus délicate à interpréter compte tenu de leur hétérogénéité suggérant la coexistence de roches de nature tholéïtique (N-MORB, E-MORB) et calco-alcaline. Par ailleurs, la pétrogenèse des pyroxénites à amphibole de cette région (Nkoumbou et *al.*, en préparation) révèle qu'elles ont des caractéristiques des tholéïtes d'arcs. Il n'est pas exclu que la tectonique en nappe puisse avoir rassemblé des fragments d'origine diverse.

Plusieurs interprétations ont été proposées: restes d'une étape de rift intracratonique (Poidevin, 1985; Nzenti et *al.*, 1988; Castaing et *al.*, 1993, 1994; Vicat et *al.*, 1997); ancien arc magmatique (Stendal et *al.*, 2006), ou ophiolites démembrées au cours de la tectonique tangentielle (Nkoumbou et *al.*, 2006). Quoi qu'il en soit, on peut raisonnablement interpréter les amphibolites, talcschistes et pyroxénites de la région de Boumnyebel comme témoignant de l'existence d'une marge active au Nord du craton du Congo au Néoprotérozoïque.

Néanmoins, il est clair que seule une cartographie complète des formations panafricaines de la bordure Nord du craton du Congo sera en mesure d'apporter des éléments déterminants sur ce problème du contexte géodynamique.

IV.2.2.3. Interprétation de la phase D2, nature et âge du métamorphisme

Si tous les protagonistes s'accordent sur l'existence d'une tectonique en nappe, une divergence apparaît sur la nature de la phase D2 dans le groupe de Yaoundé. Pour Nzenti et *al.* (1988), Ngako (1999), Ngako et *al.*, (2003) et Penaye et *al.* (1993), la phase D2 est compressive et correspond à la mise en place de la nappe synchrone de la migmatisation, alors que pour Mvondo et *al.* (2003, 2007), cette phase est extensive (N-S) et correspond à une phase d'étalement gravitaire post-nappe synchrone du pic thermique.

Les conditions P-T du métamorphisme que nous avons obtenues dans les micaschistes de la région de Boumnyebel (~ 650°C / 9.7 kbar) sont en bon accord avec les résultats obtenus plus au Nord dans la région de Dibang (609-623°C / 9-10 kbar) par Stendal et *al.* (2006). Ces résultats sont également cohérents avec ceux obtenus plus à l'est (autour de 750-800°C / 9-13 kbar) par Ball et *al.* (1984), Nzenti et *al.* (1988), Mvondo et *al.* (2003) et Ngnotué et *al.* (2000). Il est à noter deux points importants : (i) la position normale des isogrades et (ii) l'association du pic thermique avec la phase D2. Ceci suggère que le pic est postérieur à la mise en place de la nappe, infirme l'inversion des isogrades envisagée antérieurement (Nzenti et *al.*, 1988), mais est cohérente avec le modèle proposé par Mvondo et *al.* (2003) de pic thermique associé à une extension. En l'état des connaissances, nous considérons donc que le modèle de Mvondo et *al.* (2003, 2007) est le plus plausible. Néanmoins, le caractère extrêmement limité de la rétromorphose sans évidence de décompression reste un problème non résolu. Ce point reste encore à creuser.

L'âge du métamorphisme d'autre part fait l'objet de discussion, les valeurs absolues ayant évolué au cours des dernières années vers des âges plus jeunes. Les âges sur monazite que nous avons obtenus sur les micaschistes et migmatites à grenat-disthène (622±43 et 653±29 Ma) sont en assez bon accord avec les données sur zircon à Yaoundé et Boumnyebel (620±10 et 623±4 Ma, 618±7 Ma) par Penaye et *al.* (1993), Stendal et *al.* (2006), Toteu et *al.* (2006) et Owona (2008). Cela nous incite à considérer que l'âge le plus probable pour le pic métamorphique est autour de 620 Ma. Nous considérons que les âges les plus anciens traduisent vraisemblablement une composante héritée, alors que les âges plus jeunes obtenus

sur grenat (616 Ma; 611±20 Ma ; Toteu et *al.*, 1994 ; Stendal et *al.*, 2006) ou monazite (546–604 Ma ; Owona, 2008) ou par la méthode Rb-Sr sur mica (554–599 Ma ; Owona, 2008) représentent des âges de refroidissement. A noter cependant que des âges de 594-604 Ma ont été obtenus récemment dans les régions de Tcholliré et Banyo par la méthode U-Pb sur zircons sur des granulites de haute pression (Bouyo Houketchang et *al.*, 2009).

IV.2.2.4. Localisation de la zone de suture de la chaîne panafricaine d'Afrique centrale

Comme nous l'avons mentionné en fin du deuxième chapitre, deux scénarios sont envisageables. Le premier consiste à considérer que les protolites des roches mafiques et ultramafiques à anomalies négatives en HFSE traduisent l'effet d'un phénomène de subduction en marge d'un continent (bassin d'arrière arc par exemple). Cela semble cohérent avec la présence de roches de nature calco-alcaline (gneiss à amphibole) et avec la mise en place postérieure (synmétamorphique) de roches calco-alcalines (métagabbros à grenat de Mamb). Le second scénario consiste à considérer que ces protolites à anomalies négatives en HFSE traduisent une contamination variable de magmas mantelliques par du matériel crustal. Une telle éventualité peut être compatible, soit avec un contexte de type subduction comme envisagée dans le premier scénario, soit avec un contexte de rift avec fragmentation d'un continent plus ancien. Ceci apparaît cohérent avec la présence au Nord du craton du Congo de petits blocs continentaux impliqués dans la chaîne panafricaine (domaine Adamaoua-Yadé). Soulignons que ces deux scénarios ne s'excluent pas mutuellement dans la mesure où la série de Boumnyebel résulte de la mise en place de nappes.

Une comparaison avec des données acquises dans les régions limitrophes mais dans une position cartographique identique apporte par ailleurs quelques éléments. En Centrafrique, Cornacchia et *al.* (1989) considèrent les éclogites amphibolitisées de la Yaji et de la Pama (ceinture de roches vertes de Bogoin-Boali) comme des témoins d'une suture d'âge antérieur au Panafricain, réactivés lors de l'orogenèse panafricaine. La ligne d'anomalie gravitaire de Massenya-Ounianga au Tchad (avec les valeurs moyennes comprises entre 10 et 30 mGal; Louis, 1970; Poudjom Djomani et *al.*, 1995) est considérée comme matérialisant vraisemblablement des fragments d'un plancher océanique obductés sur une marge cryptique (Louis, 1970; Freeth, 1984; Toteu et *al.*, 1991; Poudjom Djomani, 1993). L'unité granulitique de Yaoundé à été initialement interprétée par Nzenti et *al.* (1984) comme la suture d'une collision entre le craton du Congo au sud et l'extension présumée du bouclier nigérian au Nord. Par la suite, Penaye et *al.* (1993) ont réinterprété cette série (Yaoundé) comme la suture

d'une collision d'âge panafricain entre une marge passive au sud (craton du Congo et sa couverture paléoprotérozoïque du Nyong) et une marge active intensément granitisée au nord (socle paléoprotérozoïque démantelé et séries protérozoïques supérieures). Sémé Mouangué (1998) conclut que les péridotites serpentinisées de l'Est de Lomié (sud-est Cameroun) se sont mises en place (au Panafricain) dans un environnement correspondant à un arc insulaire. Owona (2008) après avoir démontré que certaines amphibolites de Yaoundé ont des caractéristiques des MORB, conclut que cela confirme l'hypothèse de l'existence de la croûte océanique de Sergipe dans le modèle géodynamique de Trompette (1994) et les conclusions de Nkoumbou et *al.* (2006b) sur les talcschistes à affinité ophiolitique. Enfin, Kamguia et al. (2008), à la suite de l'interprétation de la carte de géoïde du Cameroun affirment que la zone de gradient N-S presque parallèle à la latitude 4°N (qui est la limite Nord de notre secteur d'étude) marque la bordure Nord du craton du Congo. Cela est corroboré par les travaux de Tadjou et al. (2008b) qui interprètent le contact Nord dans la zone Akonolinga-Abong Mbang (située à la latitude 4°N) comme représentant une discontinuité majeure qui peut être considérée comme une suture entre le craton du Congo au sud et la chaîne panafricaine d'Afrique centrale au Nord.

Au total, la progression de la cartographie systématique conduit à réviser notre vision de la partie sud des formations panafricaines, montrant la présence générale de roches mafiques et ultramafiques. Si le contexte géodynamique doit encore être défini, la présence d'une suture au sud fait de moins en moins de doute. Nous nous différencions en cela des conclusions de Mvondo et *al.* (2007) qui considèrent que les reliques de la lithosphère océanique sont inexistantes le long de la bordure Nord du craton du Congo.

IV.3. CONTRAINTES A L'ELABORATION DE TOUT MODELE

Les travaux les plus récents commencent à donner une vision organisée de la chaîne panafricaine au Cameroun. A grande échelle, la chaîne transsaharienne et la chaîne panafricaine d'Afrique centrale forment deux structures orogéniques majeures qui passent vers l'ouest à la chaîne de Sergipano (Brésil) et vers l'Est à la chaîne des Oubanguides (Soudan et Centrafrique). Il est admis que ces chaînes résultent d'une collision impliquant les cratons de São Francisco et du Congo au sud, ainsi que le craton ouest-africain et les métacratons saharien et Latea au Nord (Toteu et *al.*, 1991 ; Castaing et *al.*, 1994 ; Abdesalam et *al.*, 2002 ; Ngako et *al.*, 2008 ; Oliveira et *al.*, 2006). Dans ce contexte global, la chaîne

panafricaine d'Afrique centrale a été subdivisée en trois grands domaines géotectoniques qui sont du Nord au sud (fig. 4):

(i) un domaine Nord où s'intègrent les séries de Poli, Léré et Mayo Kebi (Toteu et *al.,* 1991, 2004 ; Pouclet et *al.,* 2006 ; Penaye et *al.,* 2006) et interprété comme un ensemble d'arcs magmatiques néoprotérozoïques (665–830 Ma) accrétés au domaine de l'Adamaoua vers 640 Ma et intrudé par des granitoïdes dans la période 580–650 Ma ;

(ii) un domaine central appelé domaine Adamaoua-Yadé séparé du précédent par la faille de Tcholliré-Banyo ; il est constitué de restes d'une croûte paléoprotérozoïque (2.1 Ga) intrudée par des granitoïdes calco-alcalins d'âge panafricain (Penaye et *al.,* 2004 ; Toteu et *al.,* 2004) ; sa limite sud correspond à la zone de cisaillement du centre Cameroun séparant le domaine Adamaoua-Yadé d'un domaine plus méridional (Ngako et *al.,* 1991 ; Njongfang et *al.,* 1998 ; Neves et *al.,* 1999 ; Njanko et *al.,* 2006) ;

(iii) un domaine méridional correspondant à un ensemble d'unités métasédimentaires (groupes de Yaoundé et Bafia) charriées sur le craton du Congo (Ball et *al.,* 1984 ; Nédélec et *al.,* 1986 ; Nzenti et *al.,* 1988 ; Penaye et *al.,* 1993 ; Toteu et *al.,* 1994 ; Mvondo et *al.,* 2003, 2007a, 2007b ; Tchakounté et *al.,* 2007) ; dans cet ensemble, le groupe de Yaoundé auquel appartient les formations de Boumnyebel étudiées dans ce mémoire, est constitué de metapelites et métagrauwackes supposées déposées dans un environnement épicontinental et métamorphisé à haute pression dans la période 611–616 Ma (Stendal et *al.,* 2006 ; Toteu et *al.,* 2006a).

Plusieurs modèles ont été proposés pour cette chaîne d'Afrique centrale. Néanmoins, en dépit de divergences sur certains points, tous les auteurs s'accordent sur un modèle collisionnel impliquant au moins deux grands blocs continentaux parmi lesquels le craton du Congo fait l'unanimité (Poidevin, 1983; Nzenti et *al.,* 1984, 1988; Toteu et *al.* 1991 ; Penaye et *al.,* 1993; Castaing et *al.,* 1993, 1994 ; Trompette, 1994; Rolin, 1995b; Van Schmus et *al.,* 1995 ; Brito Neves et *al.,* 2000 ; Toteu et *al.,* 2001; Abdelsalam et *al.,* 2002 ; Mvondo Ondoa et *al.,* 2009). A ce modèle on peut associer le modèle de poinçonnement de type himalayen (Ngako, 1999; 2008). A côté de ces modèles ont aussi été proposés d'autres possibilités comme le modèle d'un "basin and range" dahoméen (Affaton et *al.,* 1991), ou le modèle de rifts continentaux associés à l'ouverture de l'océan dahoméen (Castaing et *al.,* 1993, 1994), ou le modèle de chaîne bi-liminaire bordée par deux principales zones de subduction (Trompette, 1994).

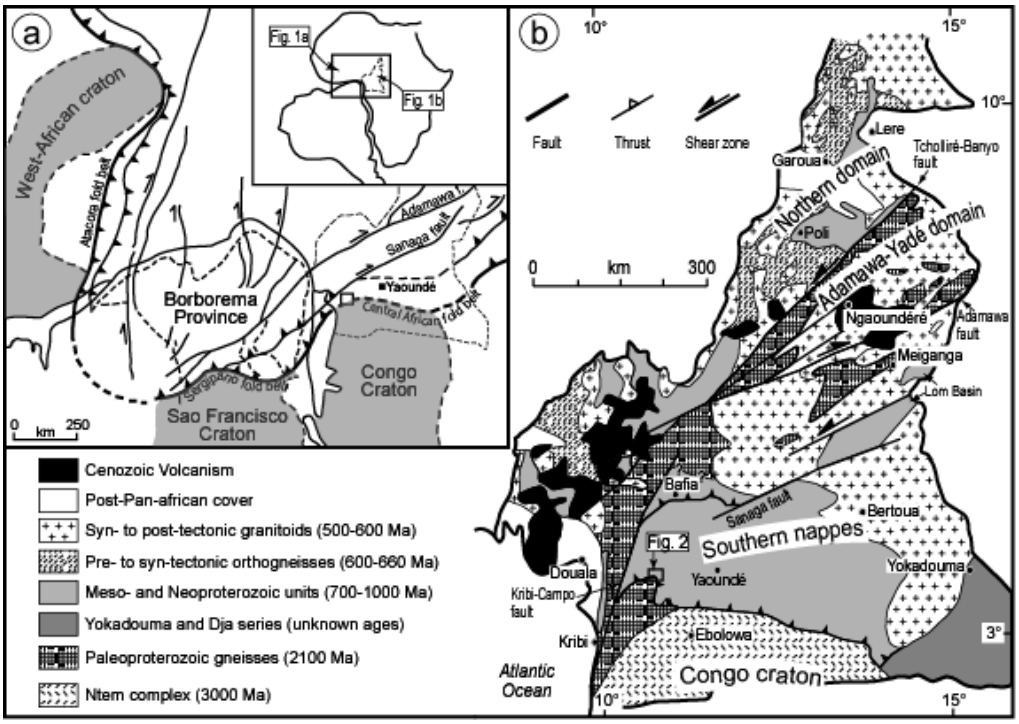


Figure 59. Chaîne panafricaine d'Afrique centrale: (a) reconstitution géodynamique à l'échelle continentale (d'après Oliveira et *al.*, 2006); (b) principales subdivisions au Cameroun d'après (d'après Ngako et *al.*, 2008 ; Tchakounté et *al.*, 2007 ; Toteu et *al.*, 2001).

Les données acquises dans le cadre de la région de Boumnyebel, sont trop limitées géographiquement pour autoriser le modèle géodynamique dans son ensemble. Cependant, quelques points méritent d'être mis en exergue, en tant que contraintes pour affiner tout modèle pour cette chaîne d'Afrique centrale. Nous en présentons quelques-uns ci-dessous en guide de conclusion à notre travail.

(1) Toteu et *al.*, 2004 ont défini dans leur modèle les étapes pré-collisionnelle, syn-collisionnelle et post-collisionnelle. L'étape pré-collisionnelle est marquée par la mise en place des granitoïdes calco-alcalins pré-tectonique de composition basique à intermédiaire à 660-670 Ma. L'étape syn-collisionnelle induit un épaississement crustal et une délamination du manteau lithosphérique sous-crustal et comprend les phases de déformations D1 et D2. Les phases de déformations D3 et D4 sont associées à l'étape post-collisionnelle. Cette évolution pré- à syn-collisionnelle se termine avec le développement des bassins molassiques et la mise en place des granitoïdes alcalins (à 545 Ma) dans un contexte extensionnel. Les travaux de Mvondo et nos propres données nous conduisent à considérer que l'étape collisionnelle correspond à la phase D1, la phase D2 et le pic thermique correspondant à une phase post-collisionnelle d'effondrement gravitaire parallèle à la chaîne et lié en particulier à la migmatisation conduisant à un

comportement rhéologique favorable de la croûte (voir par exemple Cagnard et *al.*, 2007 ; Denèle et *al.*, 2007).

(2) Comme l'ont souligné Nzenti et *al.* (1994) les granulites de Yaoundé comme les formations apparentées telles celles de Boumnyebel, métamorphisées à haute pression et haute température témoignent d'un chevauchement majeur. Un consensus s'est fait sur le rôle du craton du Congo au sud. Cependant, le Nord pourrait être le domaine Adamaoua-Yadé qui représente un bloc continental archéen à paléoprotérozoïque. Néanmoins, la présence maintenant bien établie d'une marge active au Nord-Cameroun dans la région de Poli (Toteu et *al.*, 1987; Toteu, 1990; Njel, 1988; Nzenti et *al.*, 1988; Nzenti, 1998) suggère que le phénomène de convergence s'étend bien au-delà du domaine Adamaoua-Yadé.

(3) L'existence d'une suture au sud de la chaîne, à proximité du craton du Congo a été évoquée à diverses reprises (par exemple Nzenti et *al.*, 1988 ; 1994 ; Nkoumbou et *al.*, 2006) mais a été contestée par d'autres (Mvondo et *al.*, 2003, 2007) considérant qu'il n'y a aucune évidence de fragments de lithosphère océanique préservés au sud de la chaîne. La mise en évidence de nombreuses roches mafiques et ultramafiques dans la région de Boumnyebel comme au sud de Yaoundé (Owona, 2008) revitalise la discussion sur l'existence d'une suture au sud. Les données que nous présentons dans ce mémoire sont clairement en faveur de l'existence de restes de formations d'arcs magmatiques. Par ailleurs, plus la cartographie de détail avance plus les gisements de roches mafiques et ultramafiques se font nombreux. Cependant, nous sommes conscients du caractère limité de ces observations et nous considérons que seule une cartographie d'ensemble du domaine méridional de la chaîne pourra apporter une réponse définitive.

CONCLUSION GENERALE

Dans la région de Boumnyebel, les stéréogrammes montrent que la foliation est proche de l'horizontale sur l'ensemble de la carte. La majorité des pendages est comprise entre 5 et 15°, sauf dans le quart sud-ouest où quelques pendages sont forts. L'ensemble correspond à une structure gaufrée (dômes et bassins) dans laquelle s'individualise une structure synclinale dont l'axe est NNE-SSW. Il apparaît également une direction majeure de linéation proche de NNE-SSW, n'excluant pas des orientations proches d'EW. Enfin, il n'apparaît pas de différence de structuration entre les formations du groupe du Nyong et celles du groupe de Yaoundé, à proximité du contact, en cohérence avec les études précédentes.

Deux grands ensembles constituent la région d'étude: (i) un domaine paléoprotérozoïque, constitué essentiellement d'orthogneiss à biotite et d'amphibolites à grenat, affleurant au sud et sud-ouest, et (ii) un domaine panafricain, constitué pour l'essentiel de micaschistes et de roches mafiques/ultramafiques, occupant la majeure partie de la carte que nous avons réalisé. Les orthogneiss à biotite du domaine paléoprotérozoïque qui forment le substratum des formations panafricaines, correspondent à des TTG à l'exception d'un échantillon ayant les caractéristiques des granites post-archéens. L'amphibolite à grenat a la composition d'un basalte et se distingue des amphibolites panafricaines par un fractionnement plus marqué des terres rares lourdes. Les formations panafricaines sont riches en micaschistes (avec ou sans disthène) localement migmatitiques et de composition semi-pélitique à pélitique. La partie inférieure est formée de micaschistes à grenat recoupés par des veines quartzofeldspathiques, alors que la partie supérieure est formée de micaschistes à grenat-disthène. Ces deux ensembles paraissent être séparés par un niveau de talcschistes, mais cela doit encore être confirmé par des levers plus détaillés. Nos données chimiques permettent d'interpréter les protolites des micaschistes comme d'anciens sédiments dérivés de l'érosion d'une croûte continentale proche et d'une zone volcanique active. Les éléments dont nous disposons indiquent l'influence de matériel crustal sur la signature géochimique des roches magmatiques. A souligner également l'hétérogénéité des signatures géochimiques des roches mafiques suggérant la coexistence de roches de nature tholéïtique (N-MORB, E-MORB) et calco-alcaline. Il est difficile de savoir comment doit être interprétée une telle hétérogénéité qui a d'ailleurs déjà été signalée dans d'autres séries métamorphiques de haute pression.

Deux scénarios sont envisageables. Le premier consiste à considérer que les magmas à anomalies négatives en HFSE traduisent l'effet d'un phénomène de subduction en marge d'un continent (bassin d'arrière arc par exemple). Cela semble cohérent avec la présence de roches de nature calco-alcaline (gneiss à amphibole) et avec la mise en place postérieure (synmétamorphique) de roches calco-alcalines (métagabbros à grenat de Mamb). Le second scénario consiste à considérer que les magmas à anomalies négatives en HFSE traduisent une contamination variable de magmas mantelliques par du matériel crustal. Une telle éventualité peut être compatible, soit avec un contexte de type subduction comme envisagée dans le premier scénario, soit avec un contexte de rift avec fragmentation d'un continent plus ancien. Ceci apparaît cohérent avec la présence au nord du craton du Congo de petits blocs continentaux impliqués dans la chaîne panafricaine (domaine Adamaoua-Yadé). Enfin, soulignons que ces deux scénarios ne s'excluent pas mutuellement dans la mesure où la série de Boumnyebel résulte de la mise en place de nappes. Les données que nous présentons dans ce mémoire sont clairement en faveur de l'existence de restes de formations d'arcs magmatiques. Cependant, nous sommes conscients du caractère limité de ces observations et nous considérons que seule une cartographie d'ensemble du domaine méridional de la chaîne pourra apporter une réponse définitive.

L'étude des assemblages métamorphiques montre que le pic du métamorphisme dans la région de Boumnyebel est estimé à ~ 650-670°C / ~ 9.5 kbar et se situe dans les conditions du faciès des amphibolites de haute température. Plusieurs points doivent être soulignés compte tenu des discussions qui ont eu lieu au cours des quelques années antérieures. Premièrement, le pic de température apparaît synchrone avec la phase D2 dans la nappe de Yaoundé. Deuxièmement, la disposition géométriques des assemblages métamorphiques et notamment le passage au NW des micaschistes à disthène aux migmatites indique que les isogrades sont en position normale. Nous considérons donc qu'en l'état actuel des connaissances, on a eu une première phase de mise en place de nappes, suivie d'une extension généralisée accompagnée du pic métamorphique et de la migmatisation. On peut considérer que cette dernière phase s'est produite vers 620 Ma. Un essai de datation de ce pic métamorphique par la méthode Th-U-Pb sur monazite, a donné des âges de 622±43 Ma (MSWD=0.59) sur les micaschistes à grenat-disthène et de 653±29 Ma (MSWD=0.81) sur les migmatites à grenat-disthène. Néanmoins, un point reste obscur, c'est la décompression. Si elle est implicite dans le modèle d'extension, elle n'est pas réellement enregistrée par les paragenèses. En particulier il n'y a aucune évidence de transformation du disthène en sillimanite dans les micaschistes de Boumnyebel, transformation à laquelle on doit s'attendre dans le cas d'une exhumation.

Il sera donc nécessaire de réaliser des modélisations thermodynamiques plus fines à partir du logiciel Thermocalc pour affiner les chemins progrades et rétrogrades à partir de la zonation des phases minérales. Ce travail est en cours de réalisation.

BIBLIOGRAPHIE

ABDELSALAM, M. G., LIEGEOIS, J. P., STERN, R.J. (2002). The Saharan Metacraton. Journal of African Earth Sciences 34: 119-136.

AFFATON, P., RAHAMAN, M.A., TROMPETTE, R., SOUGY, J. (1991). The Dahomeyide orogen: tectonothermal evolution and the relationships with the Volta basin. In R.D. Dallmeyer J.P. Lécorché (eds): The West African orogens and Circum-Atlantic correlatives. Springer Verlag: 107-122.

AHRENS, L. (1955). The convergent lead ages of the oldest monazites and uraninites. Geochimica et Cosmochimica Acta 7: 294-300.

ALLEGRE, C. J., ALBAREDE, F., GRÜNENFELDER, M., KÖPPEL, V. (1974). $^{238}U/^{206}Pb$-$^{235}U/^{207}Pb$-$^{232}Th/^{208}Pb$ Zircon Geochronology in Alpine and Non-Alpine Environnement. Contribution to Mineralogy and Petrology 43: 163-194.

ANCEY, M., BASTENAIRE, F., TIXIER, R. (1978). Application des méthodes statistiques en microanalyse. In : Microanalyse, microscopie électronique à balayage (eds. F. Maurice, L. Meny, R. Tixier), Les Editions du Physicien, Orsay, France 323-347.

ANDERSON, J. L., SMITH, D.R. (1995). The effects of temperature and fO2 on the Al-in-hornblende barometer. American Mineralogist. 80: 549-559.

BALL, E., BARD, J. P., SOBA, D., (1984). Tectonique tangentielle dans la catazone du Cameroun: les gneiss de Yaoundé. Journal of African Earth Sciences 2: 91-95.

BARBEY, P., MACAUDIERE, J., NZENTI, J.P. (1990). High pressure dehydration melting of metapelites. Evidence from the migmatites of Yaoundé (Cameroon). Journal of Petrology 31: 401-427.

BARKER, F. (1979). Trondhjemite. Definition, environment and hypothesis of origin. In Barker, F. (Ed) Trondhjemites, dacites and related rocks. Elsevier, Amsterdam: 1-12.

BASSAHAK, J. (1988). Le complexe plutonique du massif de Kogue (Poli, Nord-Cameroun). Pétrologie, géochimie, pétrologie structurale. Sa place dans le plutonisme de la chaîne panafricaine au Cameroun. Thèse Université de Nancy 1, France.

BE MEZEME, E., FAURE, M., COCHERIE, A., CHEN, Y. (2005). In situ chemical dating of tectonothermal events in the French Variscan Belt. Terra Nova 17, 420-426.

BE MEZEME, E., COCHERIE, A., FAURE, M., LEGENDRE, O., ROSSI, Ph. (2006). Electron microprobe monazite geochronology of magmatic events: Examples from Variscan migmatites and granitoids, Massif Central, France. Lithos 87: 276-288.

BEA, A., COCHEME, J. J., TROMPETTE, R., AFFATON, P., SOBA, D., SOUGY, J. (1990). Grabben d'âge paléozoïque inférieur et volcanisme tholéïtique associé dans la région de Garoua au Nord-Cameroun. Journal of African Earth Sciences 10: 657-667.

BERTRAND, J. M., BARBEY, P., LATOUCHE, L., MACAUDIERE, J. (1994). Le socle précambrien du Cameroun, une revue partielle des travaux récents. Pangea n°21: 33-41.

BESSOLES, B., LASSERRE, M. (1977). Le complexe de base du Cameroun. Bulletin de la Société géologique de France, 7: 1085-1092.

BESSOLES, B., TROMPETTE, R. (1980). Géologie d'Afrique. La chaîne panafricaine, zone mobile d'Afrique centrale (partie sud) et zone soudanaise. Mémoire BRGM, Orléans 92: 394p.

BINELI AMBOMO, E. (2009). Impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau du Bassin versant du Nyong. Mémoire D.E.A., Univ. Ydé I: 82p + annexes.

BLUNDY, J. D., HOLLAND, T.J.B. (1990). Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. Contribution to Mineralogy and Petrology 104: 208-224.

BOCK, B., BAHLBURG, H., WÖRNER, G., ZIMMERMANN, U. (2000). Tracing crustal evolution in the southern central Andes from late Precambrian to Permian with geochemical and Nd and Pb isotope data. Journal of Geology 108: 515-535.

BONHOMME, M., WEBER, F., FAVRE-MERCURET, R. (1965). Age par la méthode Rubidium/Strontium des sédiments du bassin de Franceville (République Gabonaise). Bulletin du Service de la carte géologique, Alsace Lorraine, France 18 243-252.

BOUKEKE, D. B. (1994). Structures crustales d'Afrique centrale déduites des anomalies gravimétriques et magnétiques: le domaine précambrien de la République centrafricaine et du Sud Cameroun. ORSTOM Editions, Paris n°. 126.

BOUYO HOUKETCHANG, M., TOTEU, S. F., DELOULE, E., PENAYE, J., VAN SCHMUS, W. R. (2009). U-Pb and Sm-Nd dating of high pressure granulites from Tcholliré and Banyo regions: evidence of a Pan-African granulite facies metamorphism in north-central Cameroon. Journal of African Earth Sciences 54: 144-154.

BRAUN, I., MONTEL, J. M., NICOLLET, C. (1998). Electron microprobe dating of monazites from high grade gneisses and pegmatites of the Kerala Khondalite Belt, southern India. Chemical Geology 146: 65-85.

BRITO NEVES, B., DOS SANTOS, E. J., VAN SCHMUS, W. R. (2000). Tectonic history of the Borborema Province, Northeastern Brazil. In Tectonic evolution of the South America. Edited by U. Cordani, E. J. Milani, A. Thomaz Filho et D. A. Campos. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil: 151-182.

BUCHER, K. FREY, M. (1994). Petrogenesis of Metamorphic Rocks. 6th edition, Springer Berlin Heidelberg, 318p.

CABY, R. (2003). Terrane assembly and geodynamic evolution of central-western Hoggar: a synthesis. Journal of African Earth Sciences 37: 133-159.

CABY, R., BERTRAND, J. M. L., BLACK, R. (1981). Pan-African ocean closure and continental collision in the Hoggar-Iforas segment, central Sahara. In: A. Kröner (Editor), Precambrian plate tectonics. Elsevier, Amsterdam: 407-434.

CAGNARD, F., GAPAIS, D., BARBEY, P. (2007). Collision tectonics involving juvenile crust: The example of the southern Finnish Svecofennides. Precambrian Research 154: 125-141.

CAHEN, L., SNELLING, N.J., DELHAL, J., VAIL J.R. (1984). The Geochronology and Evolution of Africa. Clarendon Press, Oxford, 512p.

CARIGNAN, J., HILD, P., MEVELLE, G., MOREL, J., YEGHICHEYAN, D. (2001). Routine analyses of trace elements in geological samples using flow injection and low pressure on-line liquid chromatography coupled to ICP-MS: a study of geochemical reference materials BR, DR-N, UB-N, AN-G and GH. Geostandard Newsletters 25: 187-198.

CASTAING, C., TRIBOULET, C., FEYBESSE, J. L., CHEVREMENT, P. (1993). Tectonometamorphic evolution of Ghana, Togo and Benin in the light of the Pan-African/Brasiliano orogeny. Tectonophysics 218: 323-342.

CASTAING, C., FEYBESSE, J. L., THIEBLEMONT, D., TRIBOULET, C., CHEVREMENT, P. (1994). Paleogeographical reconstructions of the Pan-African/Brasiliano orogen: closure of an oceanic domain or intracontinental convergence between major blocks? Precambrian Research 69: 327-344.

CHAMPETIER DE RIBES, G., AUBAGUE, M., (1956). Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 1/500.000, feuille Yaoundé Ouest, avec notice explicative. Direction des Mines et de la Géologie, Yaoundé, Cameroun: 35.

CHAMPETIER DE RIBES, G., AUBAGUE, M., (1956). Carte géologique de reconnaissance au 1/500 000, Notice explicative sur la feuille Yaoundé-est. Direction des mines et de la Géologie, Yaoundé, Cameroun. Imprimerie Rébon, Paris, France.

CLIFFORD, T. N. (1970). The structural framework of Africa . In Clifford and Gass I. G. (Eds). African Magmatism and Tectonics. Oliver and Boyds, Edinburgh: 1-26.

CLIFFORD, T. N., GASS, I. G. (1970). African Magmatism and Tectonics. Oliver and Boyds, Edinburg 1-26.

COCHERIE, A., ALBAREDE, F. (2001). An improved U-Th-Pb age calculation for electron microprobe dating of monazite. Geochimica and Cosmochimica Acta 65: 4509-4522.

COCHERIE, A., LEGENDRE, O., PEUCAT, J.J., KOUAMELAN, A.A. (1998). Geochronology of polygenic monazites constrained by in situ lead behaviour in monazite. Geochimica and Cosmochimica Acta 62: 2475-2497.

CONDIE, K. C. (1981). Archean Greenstone Belts. Elsevier, Amsterdam: 434p.

CONDIE, K. C. (1997a). Sources of Proterozoic mafic dyke swarms: constraints from Th/Ta and La/Yb ratios. Precambrian Research 81 3-14.

CORNACCHIA, M., DARS, R. (1983). Un trait structural majeur du continent africain. Les linéaments centrafricains du Cameroun au Golfe d'Aden. Bulletin de la Société géologique de France, 7, XXV: 101-109.

CORNACCHIA, M., GIORGI, L., CARUBA, C., VIVIER, G. (1989). Existence d'une zone de suture sur la marge nord du craton congolais (secteur de Bangui, Centre-Ouest de la République Centrafricaine). C. R. Académie des Sciences Paris, t. 308, série II : 107-110.

COX, K. G., BELL, J. D., PANKHURST, R. J. (1979). The Interpretation of Igneous Rocks, London; Allen and Unwin.

D'AGRELLA FILHO, M.S., FEYBESSE, J.L., PRIAN, J.P., DUPUIS, D., EKO N'DONG, J.E. (1996). Paleomagnetism of Precambrien rocks of Gabon, Congo craton, Africa. Journal of African Earth Sciences 22: 65-80.

DE LA ROCHE, H. (1965). Sur l'existence de plusieurs faciès géochimiques dans les schistes paléozoïques des Pyrénées Luchonnaises. Geologische Rundschau 55: 274-301.

DEER, W. A., HOWIE, R. A., ZUSSMAN, J., (1992). An Introduction to the Rock-Forming Minerals. Longman, London: 696p.

DELHAL, J., LEDENT, D., (1975). Données géochronologiques sur le complexe calco-magnésien du Sud-Cameroun. Mus. roy. Afr. centr. Tervuren (Belg.). Rapp. Ann. 1974. 71-76.

DENELE, Y., OLIVIER, P., GLEIZES, G., BARBEY, P. (2007). The Hospitalet gneiss dome (Pyrenees) revisited: lateral flow during Variscan transpression in the middle crust. Terra Nova 19: 445-453.

DJOUKA-FONKWE, M. L., SCHULZ, B., SCHÜSSLER, U., TCHOUANKOUE, J.P., NZOLANG, C. (2008). Geochemistry of the Bafoussam Pan-African I- and S-types granitoïds in western Cameroon. Journal of African Earth Sciences 50: 148-167.

DO CAMPO, M., RIBEIRO GUEVARA, S. (2005). Provenance analysis and tectonic setting of late Neoproterzoic metasedimentary successions in NW Argentina. Journal of South American Earth Sciences 19: 143-153.

DUMONT, J.F., (1986). Identification par télédétection de l'accident de la Sanaga (Cameroun). Sa position dans le contexte des grands accidents d'Afrique centrale et de la limite nord du craton congolais. Géodynamique 1: 13-19.

EKWUEME, B.N., KRÖNER, A. (1997). Zircon evaporation ages and chemical composition of a migmatitic schist in the Obudu plateau: evicdence for Paleoproterozoic (ca. 1789 Ma) component in the basement complex of southeastern Nigeria. Journal of Mining and Geology 33: 81-88.

EKWUEME, B.N., KRÖNER, A. (1998). Single zircon evaporation ages from the Oban Massif, southeastern Nigeria. Journal of African Earth Sciences, 26: 195-205.

EL HADI, H., TAHIRI, A., CABRERA, F.S., LODEIRO, F.G., PEREZ, A. A., POYATOS, D.J.M. (2006). Un exemple de volcanisme calco-alcalin de type orogénique mis en place en contexte de rifting (Cambrien de l'oued Rhebar, Meseta occidentale, Maroc). C.R. Geoscience 338: 229-236.

FERRE, E.C., GLEIZES, G., CABY, R. (2002). Obliquely convergent tectonics and granite emplacement in the Trans-Saharan belts of Eastern Nigeria: a synthesis. Precambrian Research 114: 199-219.

FERRE, E. C., DERESIS, J., BOUCHET, J.L., LAR, A.U., PEUCAT, J.J. (1996). The Pan-African reactivation of Eburnean and Archean provinces in Nigeria: structural and isotopic data. Journal of the Geological Society London 153: 719-728.

FERRE, E.C., CABY, R., PEUCAT, J.J., CAPDEVILA, R., MONIE, P. (1998). Pan-African, post-collisional, ferro-potassic granite and quartz-monzonite plutons of Eastern Nigeria. Lithos 45: 255-279.

FERRY, J.M., SPEAR, F.S. (1978). Eperimental Calibration of the Partitioning of Fe and Mg Between Biotite and garnet. Contribution to Mineralogy and Petrology 66: 113-117.

FEYBESSE, J.L., JOHAN, V., MAURIZOT, P., ABESSOLO, A. (1986). Mise en évidence d'une nappe syn-métamorphe d'âge éburnéen dans la partie Nord-Ouest du craton zaïrois, Sud-Ouest Cameroun. In: Les formations birrimiennes en Afrique de l'Ouest. Compte rendu de conférences. Occasional Publications-CIFEG. 105-111.

FEYBESSE, J.L., JOHAN, V., MAURIZOT, P., ABESSOLO, A. (1987). Evolution tectonométamorphique libérienne et éburnéenne de la partie NW du craton zaïrois (SW Cameroun). In: J. Matheis, G. Schandelmeier (Eds), Current Research in Africa Earth Sciences. Balkema, Rotterdam: 9-12.

FEYBESSE, J.L., JOHAN, V., TRIBOULET, C., GUERROT, C., MAYAGA-MIKOLO, F., BOUCHOT, V., EKO N'DONG, J. (1998). The west Central Africa belts: a model of 2.5-2.0 Ga accretion and two-phase orogenic evolution. Precambrian Research 87: 161-216.

FLOYD, P.A., LEVERIDGE, B.E. (1987). Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. Journal of the Geological Society of London 144: 531-542.

FLOYD, P.A., WINCHESTER, J.A., PARK, R.G. (1989). Geochemistry and tectonic setting of Lewisian Clastic Metasediments from the Early Proterozoic Loch Maree Group of Gairloch, NW Scotland. Precambrian Research 45: 203-214.

FOUCAULT, A., RAOULT, J.F. (1995). Dictionnaire de géologie. Masson, Paris: 323p.

FREETH, S.J. (1984). How many rifts are there in West Africa? Earth and Planetary Science Letters 67: 219-227.

GABY, R., BERTRAND, J.M. L., BLACK, R. (1981). Pan-African ocean closure and continental collision in the Hoggar-Iforas segment, Central Sahara. In Precambrian Plate Tectonics, A. Kröner (editor) Elsevier: 407-434.

GANWA, A.A. (1998). Contribution à l'étude géologique de la région de Kombé II-Mayabo dans la série panafricaine de Bafia: géomorphologie structurale, tectonique, pétrologie. Thèse de 3ème cycle, Université de Yaoundé I.

GANWA,A. A., FRISCH, W., SIEBEL, W., EKODECK, G.A., SHANG, C.K., NGAKO, V. (2008b). Archean inheritances in the pyroxene-amphibole bearing gneiss of the Méiganga area (Central North Cameroun): Geochemical and $^{207}Pb/^{206}Pb$ age imprints. C.R. Geoscience 340: 211-222.

GAZEL, J., HOURQ, V., NIKCLES, M. (1956). Carte géologique du Cameroun au 1/1 000 000 avec notice explicative. Bulletin de la Direction des Mines et de la Géologie, Yaoundé, Cameroun 2: 62.

GERARD, G. (1958). Carte géologique de l'Afrique Equatoriale Française à 1/2.000.000 (4 feuilles) avec notice explicative. Publications de la Direction des Mines et de la Géologie du Gouverneur Général de l'Afrique Equatoriale Française, Brazzaville: 198.

GOLDSCHIMDT, V.M. (1954). Geochemistry. Clarendon Press, Oxford.

GRAHAM, C.M., POWELL, R. (1984). A garnet-hornblende geothermometer: calibration, testing, and application to the Pelona Schist, southern California. Journal of Metamorphic Geology 2: 13-31.

GUNTER, F. (1977). Principles of Isotope Geology. John Wiley & Sons, Ohio, U.S.A.: 464p.

HASKIN, L.A., HASKIN, M.A., FREY, P.A., WILDEMAN, T.R. (1968). Relative and absolute terrestrial abundance of the rare-earth. In: Ahrens, L. H. (Ed.), Origin and the Distribution of elements, Pergamon Press, Oxford.

HAUGOU, P., KORETZKY, N. (1943). Carte géologique du Cameroun N°3 à 1/1500.000 avec notice explicative. Serv. Mines Cameroun, Yaoundé.

HENRY, J.D., GUIDOTTI, V.C. (2002). Titanium in biotite from metapelitic rocks: Temperature effects, crystal-chemical controls, and petrologic applications. American Mineralogist 87: 375-382.

HENRY, J.D., GUIDOTTI, V.C., THOMSON, A.J. (2005). The Ti-saturation surface for low-to-medium pressure metapelitic biotites: Implications for geothermobarometry and Ti-substitution mechanisms. American Mineralogist 90: 316-326.

HERRON, M.M. (1988). Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. Journal of Sedimentary Petrology 58: 820-829.

HOLDAWAY, M.J., (2000). Application of new experimental and garnet Margules data to the garnet-biotite geothermometer. American Mineralogist 85: 881-892.

HOLLAND, T.J.B., POWELL, R. (1985). An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: 2. Data and results. Journal of metamorphic Geology 3: 343-370.

HOLLAND, H.D., TUREKIAN, K.K. (Eds.) (2004). Treatise on Geochemistry. Elsevier Pergamon Amsterdam.

HOLLISTER, L.S., GRISSOM, G.C., PETERS, E.K., STOWELL, H.H., SISSON, V.B. (1987). Conformation of the empirical correlation of Al in the hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. American Mineralogist 72: 231-239.

IGE, O.A., OKRUSCH, M., SCHUSSLER, U., SCHMADICKE, E., COOK, N.J. (1998). The metamorphosed mafic-ultramafic complex of Mokuro, Ilesha Schist belt, southwestern Nigeria. Journal of African Earth Sciences 26: 593-618.

JANE, M.H., ZEN, E. (1992). Discussion of Blundy and Holland's (1990) "Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer". Contribution to Mineralogy and Petrology 111: 264-268.

JAY, J.A. (1997). Thermodynamic calculation of emplacement pressures for batholithic rocks, California: Implications for the aluminum-in-hornblende barometer. Geology 25: 563-566.

JEGOUZO, P. (1984). Evolution du Sud-ouest Cameroun durant l'orogenèse panafricaine; association des tectoniques cisaillante et chevauchante. Colloque chevauchement et déformation, Toulouse: 123.

JERCINOVIC, M. J., WILLIAMS, M. L., (2005). Analytical perils (and progress) in electron microprobe trace element analysis applied to geochronology: Background acquisition, interferences, and beam irradiation effects. American. Mineralogist. 90 526-546.

JOHNSON, M.C., RUTHERFORD, M.J. (1989). Experimental calibration of the aluminum-in-hornblende geobarometer with application to long Valley caldera (California) volcanic rocks. Geology 17: 837-841.

JOURDE, G. (1978). Etude et prospection minière au Sud-Ouest Cameroun, phase préliminaire. Rapport BRGM n° 78, RDM. 059AF.

KAGOU, A.D., WANDJI, P., LEGER, J.M., POUCLET, A., TCHOUA, F.M., VICAT, J.P., NKOUATHIO, D.G. (1998). Successions volcaniques et évolution géochimique d'un stratovolcan de la ligne du Cameroun: le mont Manengouba. GEOCAM, 1/1998, Press Univ. Yaoundé I 1: 235-246.

KAMGUIA, J., NOUAYOU, R., TABOD, C.T., TADJOU, J.M., MANGUELLE DICOUM, E., KANDE, H.L. (2008). Geophysical signature of geological units inferred from the analysis of geoid maps in Cameroon and its surroundings. Journal of African Earth Sciences 52: 1-8.

KENNEDY, W.Q. (1964). The structural differentiation of Africa in the Pan-African (500 m. y) tectonic episode. 8th Ann. Rep. Res. Inst. African geol. Univ. Leeds: 48.

KORNBPROBST, J., LASSERRE, M., ROLLET, M., SOBA, D. (1976). Existence au Cameroun d'un magmatisme alcalin Panafricain ou plus ancien : la syénite néphélinique de Nkonglong. Comparaison avec les roches alcalines connues dans la même région. Bulletin de la Société Géologique de France XVIII: 1295-1305.

KOHN, M.J., SPEAR, F.S. (1990). Two new geobarometers for garnet amphibolites, with applications to southeastern Vermont. American Mineralogist 75: 89-96.

KORABLEFF (1937). Carte géologique, Cameroun Oubangui Chari à 1/400 000. Chronique des Mines Paris, 60: 926-1028.

KRETZ, R. (1990). Biotite and garnet compositional variation and mineral equilibra in Grenville gneisses of the Otter Lake area, Quebec. Journal of metamorphic Geology 8: 493-506.

KWEKAM, M., LIEGOIS, J.P., NJONFANG, E., AFFATON, P., HARTMANN, G., TCHOUA, F., (2009). Nature, origin and significance of the Fomopéa Pan-African high K calc-alkaline plutonisme complex in the central African Fold Belt (Cameroon).

LASSERRE, M. (1964). Etude géochronologique par la méthode Rb-Sr de quelques échantillons en provenance du Cameroun (Afrique Equatoriale). Annales de la Faculté des

Sciences, Université de Clermont-Ferrand, n° 25, Géologie et Minéralogie, No. 8, Etudes géochronologiques (I): 53-67.

LASSERRE, M., SOBA, D. (1976). Age libérien des granitoïdes et des gneiss à pyroxène du Cameroun méridional. Bulletin du B.R.G.M. 2: 17-32.

LASSERRE, M., SOBA, D. (1979). Migmatisation d'âge panafricain au sein des formations Camerounaises appartenant à la zone mobile d'Afrique Centrale. C. R. Sommaire Société Géologique de France 2: 64-68.

LE FUR, Y. (1971). Les indices de cuivre du groupe volcanosédimentaire de Poli (Cameroun). Bulletin du B.R.G.M., section II, 6: 79-91.

LEAKE, B.E., WOOLLET, A.R., ARPS, C.E.S., BIRCH, W.D., GILBERT, M.C., GRICE, J.D., HAWTHORNE, F.C., KATO, A., KISCH, H.J., KRIVOVICHEV, V.G., LINTHOUT, K., LAIRD, J., MANDARINO, J., MARESCH, W.V., NICKEL, E.H., ROCK, N.M.S., SCHUMACHER, J.C., SMITH, D.C., STEPHENSON, N.C.N., UNGARETTI, L., WHITTAKER E.J.W., YOUZHI, G. (1997). Nomenclature of amphiboles.Report of the subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. European Journal of Mineralogy 9: 623-651.

LEDRU, P., JOHAN, V., MILESI, J.P., TEGYEY, M. (1994). Markers of the last stages of the Paleoproterozoic collision: evidence for 2.0 Ga continent evolving circum-South Atlantic provinces. Precambrian Research 69: 169-191.

LEDRU, P., EKO N'DONG, J.E., JOHAN, V., PRIAN, J.P., COSTE, B., HACCARD, D. (1989). Structural and metamorphic evolution of the Gabon orogenic belt: collision tectonics in the Lower-Proterozoic. Precambrian Research 44: 227-241.

LENOIR, J.L., LIEGEOIS, J.P., THEUNISSEN, K., KLERKX, J. (1994). The Paleoproterozoic Ubendian shear belt in Tanzania: geochronology and structure. Journal of African Earth Sciences 19: 169-184.

LEROUGE, C., COCHERIE, A., TOTEU, S.F., PENAYE, J., MILESI, J.P., TCHAMENI, R., NSIFA, E., MARK FANNING, C., DELOULE, E. (2006). Shrimp U-Pb zircon age evidence for Paleoproterozoic sedimentation and 2.05 Ga syntectonic plutonism in the Nyong Group, South-Wesrtern Cameroon: consequences for the Eburnean-Transamazonian belt of NE Brazil and Central Africa. Journal of African Earth Sciences 44: 413-427.

LIEGEOIS, J.P., LATOUCHE, L., BOUGHARA, M., NAVEZ, J., GUIRAUD, M. (2003). The LATEA metacraton, (central Hoggar, Tuareg shield, Algeria): behaviour of an old passive margin during the Pan-African orogeny. Journal of African Earth Sciences 37: 161-190.

LOUIS, P. (1970). Contribution géophysique à la connaissance du bassin du Lac Tchad. Mémoire ORSTOM, Paris: 308.

LOUNG, J. F., PAHAI, J., MOBY ETIA, P. (1979). Dans Atlas de la République Unie du Cameroun. Edit. J-A Groupe J-A., 51 Avenue des ternes-75017 Paris 16: 44-46.

LUDWIG, K.R. (1999). Using Isoplot/Ex, Version 2.01: a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication, No. 1a,: 47.

LUDWIG, K.R. (2003). User's Manual for A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center, Special Publication vol. 4.

MANGUELLE-DICOUM, E., KWENDE-MBANWI, T.E., BOKOSAH, A.S. (1986). Méthode audiomagnétotellurique (AMT) appliquée à la mise en évidence de failles, du contact métamorphique granites-schistes et à la recherche stratigraphique sur le socle précambrien de la région de Mbalmayo au Cameroun. Comm. Sém. R.A.I.S.T., Abidjan, Côte d'Ivoire (abstract).

MANGUELLE-DICOUM, E., BOKOSAH, A.S., KWENDE-MBANWI, T.E. (1992). Geophysical evidence of a major Precambrian schiste-granite boundary in Southern Cameroon. Tectono-physics 205: 437-466.

MARTIN, C. (2009). Mobilisation des REE et de l'Hf par les fluides lors du métamorphisme HP-HT. Influence sur les datations Sm-Nd et Lu-Hf. Thèse Université Henri Poincaré

MARTIN, H. (1987a). Petrogenesis of Archaean trondhjemites, tonalites and granodiorites from Earstern Finland: major and trace element geochemistry. Journal of Petrology 28: 921-953.

MARTIN, H. (1994). The Archean grey gneisses and the genesis of the continental crust. In: Condie, K.C. (Ed), The Archean crustal evolution. Developments in Precambrian Geology, Elsevier, Amsterdam: 205-259.

MARTIN, H., MOYEN, J.F. (2002). Secular changes in TTG composition as markers of the progressive cooling of the earth. Geology 30: 319-322.

MARTIN, H., SMITHIES, R.H., RAPP, R., MOYEN, J.F., CHAMPION, D. (2005). An overview of adakite, tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG), and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. Lithos 79: 1-24.

MAURIZOT, P., ABESSOLO, A., FEYBESSE, J. L., JOHAN, LECOMTE, P., (1985). Etude et prospection minière du sud-ouest Cameroun. Synthèse des travaux de 1978 à 1985. Rapp. B.R.G.M, 85, CMR 066, 274p.

MAURIZOT, P., ABESSOLO, A., FEYBESSE, J. L., JOHAN, V., LECOMTE, P., (1986). Etude et prospection minière du sud-ouest Cameroun. Synthèse des travaux de 1978 à 1985. B.R.G.M. Report 85 CMR 066.

MCDONOUGH, W.F., SUN, S.-s. (1995). The composition of the earth. Chemical Geology 120: 223-253.

MCLENNAN, S.M., HEMMING, S., MCDANIEL, D., HANSON, G. (1993). Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. Geological Society of America Special Paper 284: 21-40.

MESCHEDE, M. (1986). A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with Nb-Zr-Y diagram. Chemical Geology 56: 207-218.

MESTRAUD, J.P. (1964). Carte géologique de la République Centrafricaine à l'échelle du 1/1.500.000. BRGM, France.

MESTRAUD, J.P. (1982). Géologie et ressources minérales de la République Centrafricaine. Mémoires B.R.G.M, no. 60 186.

METANG, V. (2005). Etude géologiques des indices de talc et des roches environnantes de Boumnyebel: secteur de Pout Kellé, Mbanga et Nsimé-Kellé. Mémoire D.E.A., Université Yaoundé I: 54p.

MIGDISOV, A.A. (1960). On the titanium/aluminium ratio in sedimentary rocks. Geochemistry USSR. (English Transl) 2: 178-194.

MILESI, J.P., TOTEU, S.F., DESCHAMPS, Y., FEYBESSE, J.L., LEROUGE, C., COCHERIE, A., PENAYE, J., TCHAMENI, R., MOLOTO-A-KENGUEMBA, G., KAMPUNZU, H.A.B., NICOL, N., DUGUEY, E., LIESTEL, J.M., SAINT-MARTIN, M., RALAY, F.,HEINRY, C., BOUCHOT, V., DOUMNANG MBAIGGANE, J.C., KANDA KULA, V., CHENE, F., MONTHEL, J., BOUTIN, P., CAILTEUX, J. (2006). An overview of the geology and major ore deposits of Central Africa: Explanatory note for the 1:4,000,000 map "Geology and major ore deposits of Central Africa". Journal of African Earth Sciences 44: 571-595.

MINYEM, D. (1994). Contribution à l'étude de l'évolution métamorphique et structurale du secteur Eséka-Makak (Cameroun, Département du Nyong et Kelle, Province du Centre). Thèse Doc. 3éme Cycle, Université Yaoundé I: 166.

MIYASHIRO, A. (1978). Nature of alkalic volcanic rock series. Contribution to Mineralogy and Petrology 66: 91-104.

MOBY ETIA, P. (1979). Climat in Atlas Jeune Afrique. République du Cameroun. éd. J. a. Paris.: 16-19.

MONTEL, J.M., KORNPROBST, J., VIELZEUF, D. (2000). Preservation of old U-Th-Pb ages in shielded monazite: example from the Beni Bousera Hercynian Kinzigites (Morocco). Journal of metamorphic Geology 18: 335-342.

MONTEL, J.M., FORET, S., VESCHAMBRE, M., NICOLLET, C., PROVOST, A.,(1996). Electron microprobe dating of monazite. Chemical Geology 131: 37-51.

MONTES-LAUAR, C.R., TROMPETTE, R., MELFI, A. J., BELLIENI, G., DE MIN, A., BEA, A., PICCIRILLO, E.M., AFFATON, P., PACCA, I. G. (1997). Panafrican Rb-Sr ages of magmatic rocks from northern Cameroon. Preliminary results. South-American Symposium on Isotope Geology-Brazil, June 1997.

MORIMOTO, N., FABRIES, J., FERGUSON, A.K., GINZBURG, I.V., ROSS, M., SEIFERT, F.A., ZUSSMAN, J., AOKI, K., GOTTARDI, G. (1988). Nomenclature of pyroxenes. American Mineralogist 73 1123-1133.

MULLEN, E.D., (1983) $MnO/TiO_2/P_2O_5$: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. Earth and Planetary Science Letters 62: 53-62.

MVONDO, H., DEN BROK, S.W.J., MVONDO ONDOA, J. (2003). Evidence for symmetric extension and exhumation of the Yaoundé Nappe (Pan-African Fold Belt, Cameroon). Journal of African Earth Sciences 36: 215-231.

MVONDO, H., OWONA, S., MVONDO ONDOA, J., ESSONO, J. (2007). Tectonic evolution of the Yaoundé segment of the Neoproterozoic Central African Orogenic Belt in the southern Cameroon. Canadian Journal of Earth Sciences 44: 433-444.

MVONDO ONDOA, J., MVONDO, H., DEN BROK, S.W.J. (2009). Comment of Pan-African tectonics in northwestern Cameroon: Implication for the history of western Gondwana. Gondwana Research, 16: 163-164.

NANCE, W.B., TAYLOR, S.R. (1976). Rare earth patterns and crustal evolution, I: Australian post-Archean sedimentary rocks. Geochimica and Cosmochimica Acta 40: 1539-1551.

NDJIGUI, P.D., YONTA NGOUNE, C., NKOUMBOU, C., MINYEMECK, A., TEMGOUA, E., BILONG, P. (2005a). Teneurs anormales en Cr des masses de roches ultrabasiques et basiques dans les gneiss à biotite et amphibole de Pout Kellé (Plaine côtière du Cameroun). 4ème Colloque International 3MA, Agadir 5-6-7 Mai: 23.

NDJIGUI, P.D., TEMGOUA, E., OUMAROU, M., NKOUMBOU, C., YONTA NGOUNE, C., ETAME, J. (2005b). Anomalies en Cr et en Ni dans les sols ferrallitiques jaunes développés sur des matériaux hétérogènes de Pout Kellé (Plaine Côtière du Cameroun). 4ème Colloque International 3MA, Agadir 5-6-7 Mai: 24-25.

NEDELEC, A., NSIFA, E. (1987). Le complexe du Ntem (Sud Cameroun); une série tonalito-trondhjémitique archéenne typique. In: Matheis, G., Schandelmeier, H. (Eds.), Current

Research in African Earth Sciences Balkema. 14th Colloquium of African Geology, Rotterdam, Netherlands: 3-6.

NEDELEC, A., NSIFA, E., MARTIN, H. (1990). Major and trace element geochemistry of the archean Ntem plutonic complex (South Cameroon): petrogenesis and crustal evolution. Precambrian Research 47: 35-50.

NEDELEC, A., MINYEM, D., BARBEY, P. (1993). High-P-high-T anatexis of Archaen tonalitic grey gneisses: the Eseka Migmatites, Cameroon. Precambrian Research, 62: 191-205.

NEDELEC, A., MACAUDIERE, J., NZENTI, J.P., BARBEY, P. (1986). Evolution structurale et métamorphique de la série de Mbalmayo (Cameroun) : implications pour la structure de la zone mobile panafricaine au contact du craton du Congo. C.R. Académie des Sciences Paris 303(Série II): 75-80.

NGAKO, V. (1986). Evolution métamorphique et structurale de la bordure Sud-ouest de la « série de Poli » : segment camerounais de la chaîne Panafricaine. Mémoires et documents du CAESS 5: 185p.

NGAKO, V. (1999). Les déformations continentales Panafricaines en Afrique Centrale : résultat d'un poinçonnement de type himalayen. Thèse Doctorat d'Etat, Université Yaoundé I: 299p + annexes.

NGAKO, V., JEGOUZO, P., DJALLO, S. (1989). Deformation and metamorphism in the Poli Pan-African orogenis belt (North Cameroon): geodynamic and paleogeographic implications. Journal of African Earth Sciences 9: 541-555.

NGAKO, V., JEGOUZO, P., NZENTI, J.P. (1991). Le Cisaillement Centre Camerounais: Rôle structural et géodynamique dans l'orogenèse panafricaine. C.R. Académie des Sciences Paris 313: 457-463.

NGAKO, V., JEGOUZO, P., NZENTI, J.P. (1992). Champ de raccourcissement et cratonisation du Nord Cameroun du Protérozoïque Supérieur au Paléozoïque moyen. C.R. Académie des Sciences Paris 315, Série II: 371-377.

NGAKO, V., AFFATON, P., NJONFANG, E. (2008). Pan-African tectonics in northwestern Cameroon: Implication for the history of western Gondwana. Gondwana Research, 14: 509-522.

NGAKO, V., AFFATON, P., NNANGE, J. M., NJANKO, T. (2003). Pan-African tectonic evolution in central and southern Cameroon: transpression and transtension during sinistral shear movements. Journal of African Earth Sciences 36 207-214.

NGNOTUÉ, T., NZENTI, J. P., BARBEY, P., TCHOUA, F.M. (2000). The Ntui-Betamba high-grade gneisses: a northward extension of the Pan-African Yaoundé gneisses in Cameroon. Journal of African Earth Sciences 31: 369-381.

NGO BIDJECK, L. M. (2004). L'altération des roches basiques et ultrabasiques du Sud-Ouest Cameroun et son implication métallogénique: cas du complexe d'Abiété-Yendjock. Thèse Doct/Ph.D., Université Yaoundé I: 266p.

NICKLES, M., HOURCQ, V. (1952). Carte géologique de l'Afrique Equatoriale Française et du Cameroun à 1/2.000.000 (3 feuilles) avec notice explicative. Publications de la Direction des Mines et de la Géologie de l'A.E.F. et Service des Mines du Cameroun: 109p.

NICOLAS, A. (1984). Principe de tectonique. Masson, Paris, 196p.

NJANKO, T. (1999). Les granitoïdes calco-alcalin syn-cisaillement de la région de Tibati (Domaine central de la chaîne Panafricaine). Leur signification géodynamique par rapport à la tectonique Panafricaine. Thèse de Doct. 3éme cycle, Université Yaoundé I: 158p + annexes.

NJEL, U.O. (1986). Paléogéographie d'un segment de l'orogenèse panafricain, la série volcano-sédimentaire de Poli (Nord-Cameroun). C.R. Académie des Sciences Paris 303, II: 1737-1742.

NJEL, U.O. (1988). Contribution à l'étude de l'orogenèse Pan-Africain. La série volcano-sédimentaire de Poli (Nord-Cameroun): lithostratigraphie, paléogéographie, pétrographie, géochimie, minéralisations cuprifères associées. Nancy, Thèse INPL Nancy: 220p.

NJIEKAK, G., DÖRR, W., TCHOUANKOUE, J.P., ZULAUF, G. (2008). U-Pb zircon and microfabric data of (meta) granitoids of western Cameroon: Constraints on the timing of pluton emplacement and deformation in the Pan-African belt of central Africa. Lithos 102: 460-477.

NJONFANG, E., MOREAU, C., TCHOUA, F. (1998). La bande mylonitique Foumban-Bankim, Ouest-Cameroun: une zone de cisaillement de haute température. C.R. Académie des Sciences Paris, Ser. IIa: 327, 735-741.

NJONFANG, E., NGAKO, V., KWEKAM, M., AFFATON, P. (2006). Les orthogneiss calco-alcalins de Foumban-Bankim: témoins d'une zone interne de marge active panafricaine en cisaillement. C.R. Geosciences 338: 606-616.

NJONFANG, E., NGAKO, V., MOREAU, C., AFFATON, P., DIOT, H. (2008). Restraining bends in high temperature shear zones: "The Central Cameroon Shear Zone", Central Africa. Journal of African Earth Sciences 52: 9-20.

NKOUMBOU, C., YONTA NGOUNÉ, C., VILLIÉRAS, F., NJOPWOUO, D., YVON, J., EKODECK, G.E., TCHOUA, F.M. (2006b). Découverte des roches à affinité ophiolitiques

dans la chaîne panafricaine au Cameroun: les talcschistes de Ngoung, Lamal Pougué et Bibodi Lamal. C.R. Géoscience 338: 1167-1175.

NKOUMBOU, C., NJOPWOUO, D., VILLIERAS, F., NJOYA, A., YONTA NGOUNE C., NGO NJOCK, L., TCHOUA, F.M., YVON, J. (2006a). Talc indices from Boumnyebel (Central Cameroon), physico-chemical characteristics and geochemistry. Journal of African Earth Sciences 45: 61-73.

NKOUMBOU, C., VILLIERAS, F., NJOPWOUO, D., YONTA NGOUNE, C., BARRES, O., PELLETIER, M., RAZAFITIANAMAHARAVO, A., YVON, J. (2008a). Physicochemical properties of talc ore from three deposits of Lamal Pougué area (Yaoundé Pan-African Belt, Cameroon), in relation to industrial uses. Applied Clay Science 41: 113-132.

NKOUMBOU, C., VILLIERAS, F., BARBEY, P., YONTA NGOUNE, C., JOUSSEMET, R., DIOT, F., NJOPWOUO, D., YVON, J. (2009). Ni-Co sulphide segragation in the Mamb pyroxenite intrusion, Cameroon. C.R. Geoscience 341: 517-525.

NKOUMBOU, C., VILLIERAS, F., BARRES, O., BIHANNIC, I., PELLETIER, M., RAZAFITIANAMAHARAVO, A., METANG, V., YONTA NGOUNE, C., NJOPWOUO, D., YVON, J. (2008b). Physicochemical properties of talc ore from Pout Kellé and Memel deposits (central Cameroon). Clay Minerals 43: 317-337.

NOIZET, G. (1982). Disposition géologique des régions de Yaoundé et de Bafia. Annales de la Faculté des Sciences, Yaoundé.

NSIFA, E., RIOU (1990). Post-Archean migmatisation in the charnokitic series of the Ntem complex, Congo craton, Southern Cameroon. 15th Colloque de Géologie Africaine, Nancy, CIFEG 2: 33-36.

NZENTI, J. P. (1987). Pétrogenèse des migmatites de Yaoundé (Cameroun). Eléments pour un modèle géodynamique de la chaîne Panafricaine nord-équatoriale. Thèse de Doctorat, Université de Nancy I, France.

NZENTI, J. P. (1998). Neoproterozoic alkaline meta-igneous rocks from the Pan-African North Equatorial Fold belt (Yaoundé, Cameroon): biotites and magnetite rich pyroxenites. Journal of African Earth Sciences 26: 37-47.

NZENTI, J. P., TCHOUA, F. M. (1996). Les roches à scapolites de la chaîne panafricaine au Cameroun: témoins d'une sédimentation évaporitique d'âge protérozoïque en marge du craton du Congo. C.R. Académie des Sciences Paris, série IIa, 323: 289-295.

NZENTI, J. P., BARBEY, P., JEGOUZO, P, MOREAU, C. (1984). Un nouvel exemple de ceinture granulitique dans une chaîne protérozoïque de collision : les migmatites de Yaoundé au Cameroun. C.R. Académie des Sciences Paris 299: 1197-1199.

NZENTI, J. P., BARBEY, P., MACAUDIERE, J., SOBA, D. (1988). Origin and evolution of late Precambrian high-grade Yaoundé gneisses. Precambrian Research 38: 91-109.

NZENTI, J. P., BARBEY, P., BERTRAND, J. M. L., MACAUDIERE, J. (1994). La chaîne panafricaine au Cameroun: Cherchons suture et modèle. In Société géologique de France (Ed), 15ème Réunion des Sciences de la Terre, Nancy, France p99.

NZENTI, J. P., NGAKO, V., KAMBOU, R., PENAYE, J., BASSAHAK, J., NJEL, O.U. (1992). Structures régionales de la Chaîne Panafricaine du Nord-Cameroun. C.R. Académie des Sciences Paris, 315 (série II): 209-215.

O'CONNOR, J.T. (1965). A classification of quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. US Geological survey Professional Papers 525B: B79-B84.

OLIVEIRA, E.P., TOTEU, S.F., ARAUJO, M.N.C., CARVALHO, M.J.,NASCIMENTO, R.S., BUENO, J.F., Mc NAUGHTON, N., BASILICI, G. (2006). Geologic correlation between the Neoproterozoic Sergipano belt (NE Brazil) and the Yaoundé Belt (Cameroon, Africa). Journal of African Earth Sciences 44: 470-478.

OWONA, S. (2008). Archaean, Eburnean and Pan-African junction in the south of Yaoundé (Cameroon). Ph.D. Thesis Douala: 213p + annexes.

PARRISH, R.R. (1990). U-Pb dating of monazite and its application to geological problems. Canadian Journal of Earth Sciences 27: 1431-1450.

PEARCE, J.A., CANN, J.R. (1973). Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth and Planetary Science Letters 19: 290-300.

PENAYE, J. (1988). Pétrologie et structure des ensembles métamorphiques au Sud-Est de Poli (Nord-Cameroun); rôles respectifs du socle protérozoïque inférieur et de l'accrétion crustale panafricaine. Thèse Doctorat INPL Nancy: 196p.

PENAYE, J., TOTEU, S. F., VAN SCHMUS, W. R., NZENTI, J. P., (1993). U-Pb and Sm-Nd preliminary geochronologic data on the Yaoundé Series, Cameroon: re-interpretation of the granulitic rocks as the suture of a collision in the 'Centrafrican' belt. C.R. Académie des Sciences Paris 317: 789-794.

PENAYE, J., TOTEU, S.F., MICHARD, A., BERTRAND, J.M., DAUTEL, D. (1989). Reliques granulitiques d'âge Protérozoïque inférieur dans la zone mobile Panafricaine d'Afrique Centrale au Cameroun; Géochronologie U – Pb sur zircon. C.R. Académie des Sciences Paris 309: 315-318.

PENAYE, J., KRÖNER, A., TOTEU, S.F., VAN SCHMUS, W.R., DOUMNANG MBAIGGANE, J.C. (2006). Evolution of the Mayo Kebbi region as revealed by zircon

dating: an early (ca. 740 Ma) Pan-African magmatic arc in southwestern Chad. Journal of African Earth Sciences 44: 530-542.

PENAYE, J., TOTEU, S.F., TCHAMENI, R., VAN SCHMUS, W.R., TCHAKOUNTÉ, J., GANWA, A. MINYEM, D., NSIFA, E.N. (2004). The 2.1 Ga West Central African belt in Cameroon: extension and evolution. Journal of African Earth Sciences 39 159-164.

PIN, C., POIDEVIN, J.L. (1987). U-Pb zircon evidence for a Pan-African granulite faciès metamorphism in the Central Africa Republic. A new interpretation of High grade series of the northern border of the Congo craton. Precambrian Research 36: 303-312.

PINNA, P., CALVEZ, J.Y., ABESSOLO, A., ANGEL, J.M., MEKOULOU-MEKOULOU, T., MANANGA, G., VERNHET, Y. (1994). Neoproterozoic events in the Tcholliré area: Pan-African crustal growth and geodynamics in central north Cameroon (Adamaoua and North provinces). Journal of African Earth Sciences 18: 347-353.

PLYUSNINA, L.P. (1982). Geothermometry and geobarometry of plagioclase-hornblende bearing assemblages. Contribution to Mineralogy and Petrology 80: 140-146.

POUDJOM DJOMANI, Y.H. (1993). Apport de la gravimétrie à l'étude de la lithosphère continentale et implications géodynamiques. Etude d'un bombement intraplaque: le massif de l'Adamaoua (Cameroun). Thèse Université de Paris XI Orsay: 229p.

POUDJOM DJOMANI, Y.H., NNANGE, J M., DIAMENT, M., EBINGER, C.J., FAIRHEAD, J.D. (1995). Effective elastic thickness and crustal variations in west central Africa inferred from gravity data. Journal of Geophysical Research 100: 22,047-22,070.

POIDEVIN, J.L. (1983). La tectonique panafricaine à la bordure Nord du craton du congolais. L'orogenèse des "Oubanguides". Abstracts 12th Afr. Geol. Tervuren: 75.

POIDEVIN, J.L. (1991). Les ceintures de roches vertes de la République Centrafricaine (Mbomu, Bandas, Boufoyo, Bogoin). Contribution à la connaissance du Précambrien du nord du craton de Congo. Thèse Université de Clermont-Ferrand II: 440p + annexes.

POUCLET, A., VIDAL, M., DOUMNANG, J.C., VICAT, J.-P., TCHAMENI, R. (2006). Neoproterozoic evolution in the Southern Chad: Pan-African ocean basin closing, arc accretion and late- to post-orogenic granitic intrusion. Journal of African Earth Sciences 44: 543-560.

POUCLET, A., TCHAMENI, R. MEZGER, K., VIDAL, M., NSIFA, E.N., SHANG, C.K., PENAYE, J., (2007). Archaean crustal accretion at the northern border of the Congo craton (South Cameroon). The charnockite-TTG link. Bulletin de la Société Géologique de France, t. 178, 331-342.

POWELL, R., HOLLAND, T.J.B. (1988). An internally consistent thermodynamic dataset with uncertainties and correlations: 3. Application methods, worked examples and a computer program. Journal of metamorphic Geology 6: 173-204.

POWELL, R., HOLLAND, T.J.B. (1994). Optimal geothermometry and geobarometry. American Mineralogist 79: 120-133.

RAVNA, E.K., (2000). Distribution of Fe2+ and Mg between coexisting garnet and hornblende in synthetic and natural systems: an empirical calibration of the garnet-hornblende Fe-Mg geothermometer. Lithos 53: 265-277.

ROCCI, G. (1965). Essai d'interprétation de mesures géochronologiques. La structure de l'Ouest africain. Colloque International de Géochronologie, Nancy, Sciences de la Terre, X: 461-478.

ROLIN, P. (1995). La zone de décrochements panafricains des Oubanguides en République Centrafricaine. C.R. Académie des Sciences Paris 320: 63-69.

ROSER, B.P., KORSCH, R.J. (1986). Discrimination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO2 content and K2O/Na2O ratio. Journal of Geology 94: 635-650.

ROSER, B.P., KORSCH, R.J. (1988). Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discrimination function analysis of major-element data. Chemical Geology 67: 119-139.

ROUBOULT, M., DELAFOSSE, R., LEUTWEIN, F., SONET, J. (1965). Premières données géochronologiques sur les formations granitiques et cristallophylliennes de la République Centrafricaine. C.R. Académie des Sciences 260: 4787-4792.

RUTHERFORD, E., SODDY, F. (1902). The cause and nature of radioactivity. Pt. I. Phil. Mag., ser. 6, 4: 370-396.

SAXENA, S.K. (1979). Garnet-clinopyroxene geothermobarometer. Contribution to Mineralogy and Petrology 70: 229-235.

SCHILLING, J. G., ZAJAC, M., EVANS, R., JOHNSTON, T., WHITE, W., DEVINE, J. D., KINGSLEY, R. (1983). Petrologic and chemical variations along the Mid-Atlantic Ridge from 29°N to 73°N. American Journal of Sciences 283: 510-586.

SCHMIDT, M.W. (1992). Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. Contribution to Mineralogy and Petrology 110: 304-310.

SCHREYER, W., WERDIND, G., ABRAHAM, K. (1981). Corundum-Fuchsite rocks in greenstone belts of Southern Africa: petrology, geochemistry and possible origin. Journal of Petrology 22: 191-231.

SEME MOUANGUE, A.C. (1998). Géochimie, métamorphisme et métallogénie des formations ultrabasiques du secteur Est de Lomié. Thèse Doctorat Université Yaoundé I: 155p.

SHAND, S.J., (1943). Eruptive Rocks. Their Genesis, Composition, Classification and Their Relations to Ore deposits. 2nd edition, Murby London, 444p.

SHANG, C.K., SATIR, M., NSIFA, E.N., LIEGEOIS, J.P., SIEBEL, W., TAUBALD, H. (2007). Archean high-K granitoids produced by remelting of earlier Tonalite-Trondhjemite-Graondiorite (TTG) in the Sangmélima region of the Ntem complex of the Congo craton, southern Cameroon. International Journal of Earth Science (Geol Rundsch) 96: 817-841.

SHANG, C., SATIR, M., SIEBEL, W., NSIFA, E.N., TAUBALD, H., LIEGEOIS, J.P., TCHOUA, F. M. (2004). TTG magmatism in the Congo craton; a view of major and trace element geochemistry, Rb-Sr and Sm-Nd systematics: case of the Sangmelima region, Ntem complex, Southern Cameroon. Journal of African Earth Sciences 40: 61-79.

SHERVAIS, J.W. (1982). Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. Earth and Planetary Science Letters 57: 101-18.

SOBA, D. (1989). La série du Lom: étude géologique et géochronologique d'un bassin volcano-sédimentaire de la chaîne panafricaine à l'Est du Cameroun. Thèse de doctorat d'Etat, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris 6, 198p.

SOBA, D., MICHARD, A., TOTEU, S. F., NORMAN, D. I., PENAYE, J., NGAKO, V., NZENTI, J.P., DAUTEL, D. (1991). Données géochronologiques nouvelles (Rb-Sr, U-Pb et Sm-Nd) sur la zone mobile de l'est Cameroun: âge Protérozoïque supérieur de la série de Lom. C.R. Académie des Sciences Paris 312(II): 1453-1458.

SOMMATH, D., SENGUPTA, P., GUHA, S., FUKUOKA, M. (1991). A refined garnet-biotite Fe-Mg exchange geothermometer and its application in amphibolites and granulites. Contribution to Mineralogy and Petrology 109: 130-137.

STENDAL, H., TOTEU, S.F., FREI, R., PENAYE, J., NJEL, U.O., BASSAHAK, J., NNI, J., KANKEU, B., NGAKO, V., HELL, J.V. (2006). Derivation of detrital rutile in the Yaoundé region from the Neoproterozoic Pan-African belt in the southern Cameroon (Central Africa). Journal of African Earth Sciences 44: 443-458.

SUN, S.-s., MCDONOUGH, W.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A. D., Norry, M. J. (Eds.), Magmatism in Ocean Basins. Geological Society of London Special Publications 42: 313-345.

SUZUKI, K., ADACHI, M. (1991). The chemical Th-U-total Pb isochron ages of zircon and monazite from the grey granite of the Hida Terrane, Japan. Journal of Earth Sciences Nagoya University 38: 11-37.

TADJOU, J.M., MANGUELLE-DICOUM, E., TABOD, C.T., KAMGUIA, J., NOUAYOU, R., NJANDJOCK, N.P., NDOUGSA MBARGA, T. (2004). Gravity modelling along the northern margin of the Congo craton, south Cameroon. Journal of the Cameroon Academy of Sciences, 4 (1): 51-60.

TADJOU, J.M., MANGUELLE-DICOUM, E., NGUIYA, S., KAMGUIA, J. (2008a). Caractéristiques des anomalies gravimétriques du sous-bassin sédimentaire de Kribi-Campo (Sud-Cameroun). Africa Geoscience Review, Special Publication. 01 et 02: 39-50.

TADJOU, J.M., NJINGTI-NFOR, KAMGUIA, J., MANGUELLE-DICOUM, E. (2008b). Geophysical prospecting of the Congo craton and the Pan-African Belt in Cameroon. Earth Sci. Res. J. 12: 169-180.

TADJOU, J.M., NOUAYOU, R., KAMGUIA, J., KANDE, H.L., MANGUELLE-DICOUM, E. (2009). Gravity analysis of the boundary between the Congo craton and the Pan-African Belt of Cameroon. Austrian Journal of Earth Sciences 102: 71-79.

TAGNE-KAMGA, G. (2003). Petrogenesis of the Neoproterozoic Ngondo plutonic complex (Cameroon, west central Africa): a case of late-collisional ferro-potassic magmatism. Journal of African Earth Sciences 36: 149-171.

TAYLOR, S.R., Mc LENNAN, S.M. (1985). The continental crust: Its Composition and Evolution. Blackwell Science, Oxford.

TAYLOR, S. R., McLENNAN, S. M. (1994). Origin and evolution of the continental crust of the earth. Scientific American, June 16, 1994.

TCHAKOUNTE, J. (1999). Etude géologique de la région de d'Etoundou-Bayomen dans la série métamorphique de Bafia: tectonique, géochimie et métamorphisme. Thèse de 3éme cycle, Université de Yaoundé I: 190p.

TCHAKOUNTE, J., TOTEU, S.F., VAN SCHMUS, W.R., PENAYE, J., DELOULE, E., MVONDO ONDOA, J., BOUYO HOUKETCHANG, M., GANWA, A.A., WHITE, W. (2007). Evidence of ca 1.6-Ga detrital zircon in the Bafia Group (Cameroon): Implication for the chronostratigraphy of the Pan-African Belt north on the Congo craton. C.R. Geoscience 339: 132-142.

TCHAMENI, R. (1997). Géochimie et géochronologie des formations de l'Archéen et du Paléoprotérozoïque du Sud-Cameroun (Groupe du Ntem, craton du Congo). Thèse Doctorat Université d'Orléans, France 356p + annexes.

TCHAMENI, R., MEZGER, K., NSIFA, E.N., POUCLET, A. (2000). Neoarchaean crustal evolution in the Congo craton: evidence from K rich granitoids of the Ntem complex, Southern Cameroon. Journal of African Earth sciences 30: 133-147.

TCHAMENI, R., MEZGER, K., NSIFA, E.N., POUCLET, A. (2001). Crustal origin of Early Proterozoic syenites in the Congo craton (Ntem complex), South Cameroon. Lithos 57: 23-42.

TCHAMENI, R., POUCLET, A., MEZGER, K., NSIFA, E.N., VICAT, J.P. (2004). Monozircon and Sm-Nd whole rock ages from the Ebolowa greenstone belts: Evidence for the terranes older than 2.9 Ga in the Ntem Complex (Congo craton, South Cameroon). Journal of Cameroon Academic Sciences, 4: 213-224.

TCHAMENI, R., POUCLET, A., PENAYE, J., GANWA, A.A., TOTEU, S.F. (2006). Petrography and geochemistry of the Ngaoundéré Pan-African granitoids in Central North Cameroon: Implications for sources and geological setting. Journal of African Earth Sciences 44: 511-529.

TEIXEIRA, W., FIGUEIREDO, M.C.H. (1991). An outline of early-Proterozoic crustal evolution in the São Francisco craton, Brazil: a review. Precambrian Research 53: 1-22.

THEUNISSEN, K., LENOIR, J.L., LIEGEOIS, J.P., DELVAUX, D., MURMA, A. (1992). Empreinte Panafricaine majeure dans la chaîne ubendienne de Tanzanie sud-occidentale: géochronologie U-Pb sur zircon et contexte structural. C.R. Académie des Sciences Paris 314: 1355-1362.

TIM HOLLAND, J.B. (1994). Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. Contribution to Mineralogy and Petrology 116: 433-447.

TINKHAN, D.K., ZULUAGA, C.A., STOWELL, H.H., (2001). Metapelite phase equilibria modelling in MnNCKFMASH: the effect of variable Al2O3 and MgO/(MgO+FeO) on mineral stability. Geol. Mater. Res. 3 1-42.

TOTEU, S.F. (1987). Chronologie des grands ensembles structuraux de la région de Poli. Accrétion crustale dans la chaîne Panafricaine du Nord Cameroun. Thèse Doctorat d'Etat, Université Nancy I: 197p.

TOTEU, S.F. (1990). Geochemical characterization of the main petrographical and structural units of northern Cameroon: implications for Pan-African evolution. Journal of African Earth Sciences 10: 615-624.

TOTEU, S.F., PENAYE, J., POUDJOM DJOMANI, Y. (2004). Geodynamic evolution of the Pan-African belt in central Africa with special reference to Cameroon. Canadian Journal of Earth Sciences 41: 73-85.

TOTEU, S.F., DUMONT, J.F., BASSAHAK, J., PENAYE, J. (1984). "Complexes de base" et "séries intermédiaires" dans la zone mobile panafricaine de la région de Poli au Cameroun. C. R. Académie des Sciences Paris 299: 561-564.

TOTEU, S.F., MICHARD, A., BERTRAND, J.M., ROCCI, G. (1987). U/Pb dating of Precambrian rocks from northern Cameroon, orogenic evolution and chronology of the Pan-African belt of central Africa. Precambrian Research 37: 71-87.

TOTEU, S.F., VAN SCHMUS, W.R., PENAYE, J., NYOBE, J.B. (1994). U-Pb and Sm-Nd evidence for Eburnean and Pan-African high-grade metamorphism in cratonic rocks of Southern-Cameroon. Precambrian Research 67: 321-347.

TOTEU, S.F., VAN SCHMUS, W.R., PENAYE, J., MICHARD, A. (2001). New U-Pb and Sm-Nd data from north-central Cameroon and its bearing on the pre-Pan African history of central Africa. Precambrian Research 108: 45-73.

TOTEU, S.F., PENAYE, J., DELOULE, E., VAN SCHMUS, W.R., TCHAMENI, R. (2006b). Diachronous evolution of volcano-sedimentary basins north of the Congo craton: Insights from U-Pb ion microprobe dating of zircons from the Poli, Lom and Yaoundé Groups (Cameroon). Journal of African Earth Sciences 44: 428-442.

TOTEU, S.F., BERTRAND, J.M.L., PENAYE, J., MACAUDIERE, J., ANGOUA, S., BARBEY, P. (1990). Cameroon: a tectonic keystone in the Pan-African network. In: J.F. Lewry and M.R. Stauffer (Editors) The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America. Geological Association of Canada Special Paper 37: 483-496.

TOTEU, S.F., YONGUE FOUATEU, R., PENAYE, J., TCHAKOUNTÉ, J., SEME MOUANGUE, A.C., VAN SCHMUS, W.R., DELOULE, E., STENDAL, H. (2006a). U-Pb dating of plutonic rocks involved in the nappe tectonic in southern Cameroon: consequence for the Pan-African orogenic evolution of the central African fold belt. Journal of African Earth Sciences 44: 479-493.

TROMPETTE, R (1994). Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma). Pan-African-Brasiliano aggregation of South America and Africa. A.A. Balkema edition, Rotterdam: 350p.

VACHETTE, M. (1964). Ages radiométriques des formations cristallines d'Afrique Equatoriale (Gabon, République Centrafricaine, Tchad, Moyen Congo). Annales de la Faculté des Sciences, Université de Clermont-Ferrand, 25, Géol. Min., 8: 31-38.

VAN SCHMUS, W.R., TOTEU, S.F. (1992). Were the Congo craton and the São Francisco craton joined during the fusion of Gondwanaland?. Eos Trans AGU, 73 (14), Spring Meeting, Suppl.: 365.

VAN SCHMUS, W.R., DE BRITO NEVES, B.B., HACKSPACHER, P., BABINSKI, M. (1995). U-Pb and Sm-Nd geochronology studies of the eastern Borborema Province, Northeastern Brazil: initial conclusions. Journal South American Earth Sciences 8: 267-288.

VEIZER, J. (1973). Sedimentation in geology history: recycling vs. evolution or recycling with evolution. Contribution to Mineralogy and Petrol.ogy 38: 261-278.

VICAT, J.P. (1998). Esquisse géologique du Cameroun. In: Vicat J.P., Bilong P. (Eds), Geosciences au Cameroun. GEOCAM, Press. Univ. Yaoundé I 1: 4-11.

VICAT, J.P., BILONG, P. (Eds) (1998). Geosciences au Cameroun. GEOCAM, 1/1998, Press. Univ. Yaoundé I.

VICAT, J.P., POUCLET, A. (1995). Nature du magmatisme lié à une extension pré-panafricaine: les dolérites des bassins de Comba et de Sembé-Ouesso (Congo). Bulletin de la Société Géologique de France 166: 355-364.

VICAT, J.P., POUCLET, A., NSIFA, E. (1998a). Les dolérites du groupe du Ntem (Sud-Cameroun) et des régions voisines (Centrafrique, Gabon, Congo, Bas-Zaïre). Caractéristiques géochimiques et place dans l'évolution du craton du Congo au Protérozoïque. GEOCAM 1: 305-324.

VICAT, J.P., MOLOTO-A-KENGUEMBA, G., POUCLET, A. (2001). Les granitoïdes de la couverture protérozoïque de la bordure nord du craton du Congo (Sud-Est du Cameroun et Sud-Ouest de la République Centrafricaine), témoins d'une activité magmatique post-kibarienne à pré-panafricaine. C. R. Académie des Sciences Paris 332: 235-242.

VICAT, J.P., POUCLET, A., NKOUMBOU, C., SEME MOUANGUE, A.C. (1997). Le volcanisme fissural néoprotérozoïque des séries du Dja inférieur, de Yokadouma (Cameroun) et de Nola (RCA) – Signification géotectonique. C.R. Académie des Sciences Paris 325: 671-677.

VICAT, J.P., NSIFA, E., TCHAMENI, R., POUCLET, A. (1998b). La ceinture de roches vertes de Lolodorf-Ngomezap (Sud-Cameroun): pétrologie, géochimie et cadre géodynamique. GEOCAM 1: 325-337.

VICAT, J.P., LEGER, J.M., NSIFA, E., NZENTI, J.P., TCHAMENI, R., POUCLET, A. (1996). Distinction au sein du Craton Congolais du Sud-Ouest du Cameroun, de deux épisodes doléritiques initiant les cycles orogéniques Eburnéen (Paléoprotérozoïque) et Panafricain (Néoprotérozoïque). C.R. Académie des Sciences Paris 323(série IIa): 575-582.

VIDAL, P. (1968). La méthode potassium/Argon dans la datation des séries sédimentaires. Application aux sédiments du bassin de Franceville. Thèse de 3éme cycle, Faculté des Sciences, Strasbourg: 55p.

VIDAL, P. (1998). Géochimie. Paris, Dunod.

WEBER, F. (1969). Une série Précambrienne du Gabon: le Francevillien. Sédimentologie, géochimie. Relations avec les gîtes minéraux associés. Mémoire du Service de la Carte Géologique, Alsace Lorraine 28: 328.

WETHERILL, G.W. (1956). Discordant uranium-lead ages. Transactions Geophysical Union 37: 320-326.

WHITE, A.J.R., CHAPPELL, B.W. (1977). Ultrametamorphism and granitoid genesis. Tectonophysics 43: 7-32.

WINCHESTER, J.A., MAX, M.D. (1989). Tectonic setting discrimination in Clastic sequences: an exemple from the late Proterozoic Erris Group, NW Ireland. Precambrian Research 45: 191-201.

WOLFF, J.P., (1964). Carte géologique du Tchad à l'échelle du 1/1.500.000. Publication du B.R.G.M., France.

WOOD, D.A., JORON, J.L., TREUIL, M. (1979). A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings. Earth and Planetary Science Letters 45 326-336.

WORKMAN, R.K., HART, S.R. (2005). Major and trace element composition of the depleted MORB mantle (DMM). Earth and Planetary Science Letters 231: 53-72.

YAKEU NDONGO, M. (1999). Etude du massif de Boumnyebel et ses relations avec les roches environnantes. Mémoire Maîtrise, Université Yaoundé I: 63p + annexes.

YIGITBAS, E., KERRICH, R., YILMAZ, Y., ELMAS, A., XIE, Q. (2004). Characteristics and geochemistry of Precambrian ophiolites and related volcanics from the Istanbul-Zonguldak unit, Northwestern Anatolia, Turkey: following the missing chain of the Precambrian South European suture zone to the east. Precambrian Research 132: 179-206.

YONGUE FOUATEU, R. (1995). Les concentrations métallifères du nickel et du cobalt à partir de l’altération latéritique des roches ultrabasiques serpentinisées du Sud-Est Cameroun Thèse Doctorat d’Etat, Université Yaoundé I.

YONTA NGOUNE, C., NKOUMBOU, C., BARBEY, P., YVON, J., VILLIERAS, F. (2008). Le contexte métamorphique des indices de talc de la région de Boumnyebel (Sud-Cameroun). 22ème Réunion des Sciences de la Terre (RST). Abstracts, 22-24 avril 2008, Nancy, France.

YONTA NGOUNE, C., NKOUMBOU, C., BARBEY, P., LE BRETON, N., MONTEL, J.M., VILLIERAS, F. (2010). Geological context of the Boumnyebel talcschists (Cameroon): Inferences of the Pan-African Belt of Central Africa. C.R. Geoscience (In press).

ZONING MOFFO, M. O. (2005). Risques d'inondation à Yaoundé: le cas de la zone de confluence du Mfoundi au centre-ville et des quartiers péricentraux du bassin versant de l'Ekozoa. Mémoire Maîtrise, Université Yaoundé I: 113p + annexes.

---ooOoo---

ANNEXE 1 - ENSEMBLE DES DONNEES STRUCTURALES DANS LES ROCHES DE LA REGION DE BOUMNYEBEL

Localité	Lithologie	Coordonnées		Schistosité		Foliation		Linéation		Cisaillement		Diaclases		Filons et veines	
		Latitude	Longitude	direction	pendage	direction	pendage	direction	plongement	direction	pendage	direction	pendage	direction	pendage
Pout-Kellé	micaschiste à grenat	03°49'38"	10°49'28'	N140°E	20°NE										
				N144°E	20°NE										
				N149°E	15°ENE										
				N144°E	21°NE										
				N162°E	16°NE										
				N158°E	15°NE										
				N130°E	25°NE										
				N162°E	17°ENE										
				N150°E	19°NE										
				N158°E	17°ENE										
				N153°E	19°ENE										
				N162°E	15°ENE										
				N146°E	22°NE										
				N160°E	19°NE										
				N155°E	22°NE										
				N153°E	13°ENE										
				N158°E	21°NE										
Pout Kellé	gneiss à grenat	03°49'14"	10°48'24"			N95°E	22°N								
	gneiss quartzitique	3°49'57''	10°48'26''			N155°E	75°SW								
	quartzite à grenat	03°50'50"	10°48'13"			N140°E	40°NE								
						N138°E	38°NE								
						N149°E	40°NE								
						N158°E	45°NE								
						N135°E	38°NE								
						N160°E	40°NE								
						N144°E	34°NE								
	quartzite-micaschiste à grenat					N10°E	20°WNW								
						N05°E	15°W								
	micaschiste à grenat	03°50'7"	10°48'38"	N117°E	15°NE			N72°E	10°ENE						
		03°50'34"	10°48'26"	N160°E	15°NE										
				N164°E	14°NE										
				N148°E	18°NE										
				N155°E	16°NE										
				N170°E	16°ENE										

				N159°E	14°NE										
				N140°E	17°NE										
				N158°E	16°NE										
		03°51'39"	10°47'48"	N145°E	15°NE			N30°E	10°NNE						
				N138°E	10°NE										
				N143°E	15°NE										
		03°51'39"	10°47'48"	N140°E	13°NE										
				N163°E	10°NE										
				N143°E	13°NE										
				N150°E	16°NE										
				N155°E	20°NE										
				N152°E	22°NE										
	amphibolite (litée) à épidote	03°51'39"	10°47'48"			N135°E	16°NE								
						N140°E	10°NE								
						N160°E	18°NE								
						N145°E	09°NE	N40°E	13°NE						
						N125°E	10°NE								
						N160°E	12°NE								
						N159°E	15°NE								
						N158°E	15°NE								
Pout Kellé	micaschiste à grenat	03°49'38"	10°49'28"	N147°E	15°NE										
				N143°E	18°NE										
				N137°E	19°NE										
				N142°E	19°NE										
				N145°E	20°NE										
Tranchée routière de Pout Kellé	micaschiste à grenat	3°50'10''	10°48'41''	N117°E	15°NE										
				N100°E	42°N										
				N122°E	13°NE										
Mamb Kélé	micaschiste à grenat	03°48'54"	10°50'06"	N10°E	32°ESE										
				N05°E	30°SE										
				N10°E	35°ESE										
				N11°E	45°ESE										
				N03°E	45°E										
				N05°E	28°SE										
				N14°E	40°ESE										
				N162°E	35°ENE										
				N05°E	30°SE										
				N10°E	40°ESE										
				N158°E	42°ENE										
				N23°E	30°ESE										
				N153°E	47°NE										

				N153°E	29°NE										
				N5°E	27°E										
		03°47'59"	10°51'21"	N55°E	25°SE										
				N75°E	25°SSE										
				N70°E	22°SE										
				N65°E	19°SE										
				N80°E	20°SSE										
		03°47'59"	10°51'21"	N65°E	27°SE										
				N57°E	25°SE										
				N71°E	19°SE										
				N50°E	26°SE										
				N65°E	20°SE										
				N66°E	26°SE										
				N65°E	20°SE										
				N55°E	25°SE										
				N70°E	19°SE										
				N55°E	20°SE										
	gneiss à grenat	03°48'53"	10°50'05"			N152°E	32°ENE								
						N175°E	27°E								
						N167°E	35°ENE								
						N180°E	38°ENE								
						N162°E	27°ENE								
						N180°E	32°E								
						N170°E	32°E								
						N178°E	30°E								
						N153°E	35°ENE								
						N180°E	40°E								
						N147°E	30°ENE								
						N178°E	45°E								
	gneiss à biotite	03°46'30"	10°51'22"			N102°E	22°NNE								
						N120°E	24°NNE								
						N125°E	28°NE								
						N112°E	22°NNE								
						N127°E	27°NE								
						N94°E	23°N								
						N125°E	20°NE								
Mamb Kélé	gneiss à biotite					N123°E	22°NE								
						N126°E	20°NE								
	micaschiste à grenat et chlorite	03°48'32"	10°50'49"	N37°E	14°SE										
				N45°E	12°SE										
				N38°E	18°SE										

	amphibolite à grenat	03°48'26"	10°51'06"	N33°E	08°NW										
Mamb Kelé (cours d'eau Nlep Bouroul)	micaschiste à grenat	03°48'26"	10°51'06"	N27°E	14°NW										
				N20°E	10°WNW										
				N42°E	10°NW										
				N30°E	12°NW			N02°E	10°N						
				N27°E	15°NW										
Mamb Kélé	micaschiste à grenat	03°48'09"	10°51'18"	N5°E	30°E										
				N18°E	25°ESE										
				N14°E	28°ESE			N20°E	15°NNE						
		03°48'09"	10°51'18"	N12°E	20°ESE										
				N0°E	28°E										
				N27°E	27°SE										
				N0°E	28°E										
				N16°E	28°ESE										
	micaschiste à grenat et chlorite	03°47'23"	10°51'28"	N135°E	17°NE										
				N118°E	13°ENE										
				N125°E	15°NE			N18°E	12°NNE						
				N120°E	14°NE										
				N140°E	13°NE										
Mamb Kélé (cours d'eau Lep Mabem)	amphibolite à épidote	03°48'53"	10°50'05"	N155°E	25°ENE										
				N170°E	30°ENE										
				N175°E	30°E										
				N163°E	25°ENE										
				N153°E	25°ENE										
				N157°E	30°ENE										
				N160°E	20°ENE										
				N175°E	30°E										
				N173°E	30°E										
				N165°E	15°ENE										
				N175°E	30°ENE										
				N163°E	20°ENE										
				N160°E	20°ENE										
				N150°E	20°ENE										
				N155°E	32°ENE										
				N155°E	30°ENE										
				N163°E	27°ENE										
				N162°E	25°ENE										
Si Tim (chute de "Ngo Yaaboum")	micaschiste à grenat et disthène	03°56'27"	10°48'02"	N15°E	15°NNW										
				N14°E	12°NNW										
				N32°E	12°NW										

				N09°E	16°W										
				N17°E	07°NNW										
				N15°E	05°NNW										
				N25°E	15°NW										
				N22°E	12°NNW										
				N28°E	09°NW										
				N20°E	20°NNW										
Si Tim (chute de "Ngo Yaaboum")	micaschiste à grenat et disthène			N16°E	15°NNW										
				N30°E	05°NW										
				N05°E	10°W										
				N17°E	20°NNW										
				N08°E	18°W										
				N25°E	15°NW										
				N18°E	22°NNW										
				N30°E	25°NW										
				N30°E	05°NW										
				N30°E	15°NW										
				N12°E	13°NNW										
Ngog Bassong (chute de Kowoum)	amphibolite à grenat	03°54'29"	10°49'15"	N30°E	35°NW										
				N35°E	20°NW										
				N18°E	18°NNW										
				N15°E	30°NNW										
				N45°E	40°NW										
	micaschiste à grenat			N32°E	22°NW										
				N25°E	25°NW										
				N28°E	18°NW										
				N28°E	40°NW										
				N35°E	22°NW										
				N33°E	25°NW										
				N30°E	15°NW										
				N40°E	20°NW										
	gneiss à amphibole					N25°E	30°NW								
						N20°E	20°NW								
						N23°E	30°NW								
						N30°E	22°NW								
						N25°E	25°NW								
						N27°E	27°NW								
						N28°E	18°NW								
						N23°E	65°NW								
						N25°E	32°NW								
						N28°E	15°NW								

						N122°E	15°NE								
						N30°E	32°NW								
						N22°E	40°NW								
						N20°E	25°NW								
						N22°E	15°NW								
						N26°E	22°NW								
						N30°E	15°NW								
						N26°E	25°NW								
						N25°E	20N°W								
						N20°E	18°NW								
						N22°E	32°NW								
Ngog Bassong (massif de Ngog Bassong)	quartzite-micaschiste à grenat					N60°E	10°NW								
						N65°E	10°NNW								
						N70°E	18°NNW								
						N52°E	20°NW								
						N65°E	13°NW								
						N87°E	15°NNW								
						N68°E	12°NW								
						N80°E	18°NNW								
						N58°E	18°NW								
						N80°E	14°NNW								
						N85°E	13°NNW								
Ngog Bassong (massif de Ngog Bassong)	quartzite-micaschiste à grenat					N75°E	12°NNW								
						N85°E	10°NNW								
						N63°E	20°NW								
						N66°E	20°NW								
						N65°E	10°NW								
						N79°E	12°NNW								
						N55°E	15°NW								
						N45°E	12°NW								
						N53°E	15°NW								
						N40°E	12°NW								
						N55°E	22°NW								
						N50°E	12°NW								
						N60°E	25°NW								
						N75°E	20°NW								
						N80°E	15°NNW								
						N86°E	14°NNW								
						N56°E	12°NW								
						N74°E	18°NNW								
						N60°E	20°NW								

						N62°E	18°NW								
						N59°E	10°NW								
						N53°E	15°NW								
						N65°E	15W								
						N63°E	15°NW								
						N82°E	13°NNW								
						N72°E	12°NNW								
Ham (massif du Bilalan)	micaschistes à grenat	03°59'05"	10°49'12"	N170°E	40°W										
				N170°E	35°W										
				N173°E	45°W										
				N177°E	22°W										
				N168°E	30°NNW										
				N172°E	33°W										
				N180°E	45°W										
				N175°E	38°W										
				N180°E	42°W										
				N03°E	40°W										
				N174°E	25°W										
				N160°E	20°NNW										
				N175°E	25°W										
				N176°E	28°W										
				N165°E	42°WSW										
				N175°E	30°W										
Ham	micaschiste à grenat	03°58'53"	10°48'42"	N167°E	25°W										
				N03°E	33°W										
				N172°E	20°W										
				N180°E	25°W										
				N175°E	30°W										
				N05°E	35°W										
Ham (pied du massif du Mambée, Est de la chefferie de Ham)	micaschiste à grenat			N178°E	28°W			N05°E	02°S						
	micaschiste à grenat et disthène			N176°E	42°W			N05°E	03°S						
				N176°E	42°W			N17°E	5°S						
Ham	micaschiste à grenat	03°58'32"	10°48'55"	N162°E	16°WSW										
Hol-Ngom (massif de "Si Hol-Ngom")	micaschiste à grenat	03°58'29"	10°49'03"	N173°E	40°W										
Bomb	migmatite à grt et ky (leucosome)	03°59'32''	10°46'37''			N25°E	15°ESE								
						N67°E	28°SE								
						N73°E	28°SSE								

	migmatite à grenat et disthène (restite)	03°59'44"	10°46'37"			N40°E	45°SE	N43°E	13°SW						
Boga (mi-versant Est du massif de Mambé)	micaschiste à grenat	03°54'20"	10°46'32"	N85°E	40°N										
				N85°E	33°N										
				N77°E	40°NNW										
				N80°E	40°N										
				N75°E	50°NNW										
				N83°E	43°N										
				N87°E	40°N										
				N88°E	30°N										
				N87°E	33°N										
	micaschiste à grenat et disthène			N85°E	43°N										
				N87°E	43°N										
				N80°E	25°N										
				N94°E	25°N										
				N75°E	20°NNW										
				N80°E	20°N										
				N83°E	37°N										
				N83°E	20°N										
				N84°E	30°N										
				N85°E	50°N										
				N85°E	40°N										
				N90°E	30°N										
				N85°E	35°N										
				N70°E	27°NNW										
				N85°E	20°N										
				N73°E	25°NNW										
				N77°E	20°NNW										
Boga (vers le sommet de Mambé)	gneiss à grenat	03°54'22"	10°46'31"			N80°E	25°N								
						N60°E	25°NNW								
						N65°E	22°NNW								
						N67°E	20°NNW								
						N65°E	25°NNW								
						N55°E	25°NNW								
						N60°E	18°NNW								
						N70°E	20°NNW								
Boga	micaschiste à grenat	03°53'40"	10°48'20"	N65°E	10°NW										
				N65°E	13°NW										
				N50°E	15°NW										
				N53°E	15°NW										

				N55°E	13°NW										
				N50°E	15°NW										
				N63°E	16°NW										
				N50°E	13°NW										
				N63°E	12°NW										
				N60°E	10°NW										
				N60°E	12°NW										
				N67°E	12°NW										
				N60°E	18°NW										
				N60°E	15°NW										
				N50°E	14°NW										
Boga	micaschiste à grenat	03°53'40"	10°48'20"	N66°E	20°NW										
				N53°E	13°NW										
		03°53'52"	10°46'35"	N102°E	20°NNE										
				N103°E	20°NNE										
				N96°E	20°NNE										
				N97°E	22°NNE										
				N97°E	20°NNE										
				N105°E	23°NNE										
				N98°E	23°NNE										
Song Mawen	quartzite-micaschiste à grenat	03°56'48"	10°43'36"			N150°E	18°NE								
						N145°E	15°NE								
						N150°E	20°NE								
						N145°E	15°NE								
						N140°E	15°NE								
						N143°E	20°NE								
						N145°E	18°NE								
						N145°E	15°NE								
						N150°E	20°NE								
						N145°E	15°NE								
						N140°E	15°NE								
Pout Nguimbous (Dikonop II)	micaschiste à grenat et disthène	03°56'21"	10°45'00"	N10°E	20°E							N40°E	90°		
				N180°E	15°E							N40°E	90°		
				N03°E	25°E							N22°E	90°		
				N08°E	15°E							N150°E	90°		
				N03°E	20°E							N40°E	90°		
				N05°E	25°E							N70°E	90°		
				N177°E	25°E							N15°E	90°		
				N15°E	20°E							N38°E	90°		
				N05°E	25°E							N55°E	90°		
				N180°E	15°E							N20°E	90°		

				N180°E	20°E							N45°E	90°		
												N155°E	90°		
												N127°E	90°		
												N60°E	90°		
Pout Nguimbous (dans le cours d'eau Mbila)	micaschiste à grenat et disthène	03°56'17"	10°45'15"	N125°E	15°NE										
				N125°E	25°NE										
				N135°E	20°NNE										
				N123°E	20°NE										
				N120°E	15°NNE										
				N120°E	20°NNE										
				N123°E	22°NNE										
				N133°E	20°NE										
				N117°E	18°NNE										
				N135°E	15°NE										
				N137°E	18°NE										
				N135°E	15°NE										
				N140°E	20°NE										
				N125°E	15°NNE										
				N130°E	13°NE										
				N123°E	25°NNE										
				N137°E	15°NE										
				N125°E	20°NNE										
				N130°E	15°NE										
				N135°E	18°NE										
				N133°E	20°NE										
				N130°E	20°NE										
				N115°E	15°NNE										
Pout Nguimbous (dans le cours d'eau Mbila)	micaschiste à grenat et disthène	03°56'17"	10°45'15"	N127°E	15°NNE										
				N125°E	22°NNE										
				N140°E	20°NE										
				N120°E	20°NNE										
				N123°E	15°NNE										
Pout Nguimbous (sommet de la chute de Song Mbiyong)	micaschiste à grenat et disthène	03°56'35"	10°46'40"	N130°E	20°NE	N130°E	15°NE					N167°E	90°		
				N137°E	15°NE							N140°E	90°		
				N123°E	25°NNE							N165°E	80°WSW		
				N140°E	15°NE										
				N137°E	20°NE										
				N145°E	15°NE										
				N135°E	20°NE										
				N140°E	23°NE										
				N115°E	18°NNE										

				N120°E	20°NNE										
				N135°E	17°NE										
				N140°E	18°NE										
Tranchée routière de Ngoung	micaschiste à grenat	03°51'12"	10°57'53"	N65°E	10°SSE			N-S	90						
Ngoung	micaschiste à grenat	03°51'34"	10°57'46"	N10°E	12°E										
				N08°E	10°E										
				N05°E	10°E										
		03°52'18"	10°58' 00"	N0°E	10°W										
				120°E	20°NE										
Tranchée routière de Njok Nkong	micaschiste à grenat	03°52'31"	10°52'28"	N30°E	55°ESE										
Tranchée routière de Mbanga	micaschiste à grenat	03°50'51"	10°49'02"	N140°E	15°NE										
	amphibolite à grenat	03°50'51"	10°49'02"	N38°E	33°SE										
	micaschiste à grenat	03°51'49"	10°49'06"	N112°E	06°SSW										
				N135°E	09°NE										
				N90°E	37°S										
		03°51'21'	10°49'03"	N144°E	10°SW			N06°E	03°N						
				N172°E	13°W										
		03°52'16"	10°50'02"	N157°E	15°NE			N45°E	55°N						
	amphibolite à grenat	03°52'16"	10°50'02"	N157°E	15°NE			N32°E	12°NE						
				N157°E	15°NE			N70°E	18°NE						
				N157°E	15°NE			N41°E	12NE						
Carrière de Mapan	micaschiste à grenat	03°47'47"	10°49'43"	N165°E	12°ENE										
				N12°E	04°E										
				N15°E	15°E										
Tranchée routière de Mapan	orthogneiss à grenat	03°48'26"	10°48'24"					N17°E	7°S	N07°E	75°E				
								N0°E	5°S						
Mapan	orthogneiss à grenat	03°48'26"	10°48'24"			N14°E	35°ESE								
Henguégué	micaschiste à grenat	03°59'45"	10°58'50"	N95°E	15°N										
				N90°E	22°N										
				N142°E	11°NE										
				N120°E	20°NE										
				N128°E	20°NE										
	micaschiste à grenat et disthène	03°59'44"	10°59'20"	N107°E	23°NNE										
	micaschiste à grenat	03°59'48"	10°58'50"	N136°E	20°NE										

	métagranite	03°59'48''	10°58'53''			N135°E	23°NE								
	marbre à dolomite+talcschiste à dolomite+chloritoschiste à dolomite	03°59'32''	10°59'18'			N165°E	35°ENE								
						N145°E	43°NE								
						N140°E	43°NE								
						N150°E	45°NE								
Tranchée routière de Boumnyebel	micaschiste à grenat	03°53'03"	10°50'42"	N15°E	14°WNW										
				N178°E	17°W										
Tranchée routière de Boga	micaschiste à grenat	03°52'19"	10°49'54"	N27°E	15°ESE										
				N64°E	13°SSE										
				N0°E	10°E										
				N0°E	13°E										
Lamal Pougué	micaschiste à grenat	03°49'59"	10°56'40"	N155°E	20°NE										
				N163°E	22°ENE										
				N146°E	25°NE										
				N167°E	20°ENE										
				N159°E	28°ENE										
				N158°E	35°ENE										
				N143°E	20°NE										
				N155°E	20°NE										
				N175°E	22°ENE										
				N158°E	23°NE										
		03°50'03"	10°56'41"	N20°E	7°ESE										
				N30°E	9°ESE										
				N27°E	6°ESE										
				N27°E	11°ESE										
				N18°E	6°ESE										
				N26°E	10°ESE										
				N32°E	5°ESE										
				N23°E	8°ESE										
				N28°E	10°ESE										
				N21°E	8°ESE										
				N25°E	11ESE										
				N25°E	4°ESE										
				N24°E	10°ESE										
				N29°E	6°ESE										
		03°49'54"	10°56'34"	N165°E	14°ENE										
				N165°E	13°ENE										
				N158°E	17°NE										
				N167°E	10°ENE										
				N170°E	18°ENE										

				N163°E	20°ENE										
Tranchée routière de Ngoung-Lamal Pougué	micaschiste à grenat	03°51'11"	10°57'29"	N100°E	10°N			N15°E	05°N						
				N50°E	10°NW										
Lamal Pougué	talcschiste à magnésite et olivine			N108°E.	22°SSW										
Nlep Bê	micaschiste à grenat	03°49'39"	10°56'35"	N180°E	25°E										
				N172°E	28°ENE										
				N162°E	32°ENE										
				N160°E	33°ENE			N155°E	12°SE						
				N156°E	30°ENE										
				N180°E	25°ENE										
				N173°E	29°ENE										
				N160°E	35°ENE										
				N168°E	27°ENE										
				N174°E	30°ENE										
				N180°E	31°ENE										
				N177°E	33°ENE										
				N164°E	30°ENE										
				N155°E	27°ENE										
				N150°E	32°ENE										
				N159°E	28°ENE										
				N154°E	25°ENE										
				N163°E	30°ENE										
		03°48'52"	10°56'59"	N180°E	5°E										
		03°48'57"	10°56'46"	N0°E	9°E										
				N0°E	15°E										
				N06°E	16°E										
				N0°E	11°E										
		03°48'58"	10°56'40"	N155°E	11°SW										
				N165°E	13°WSW										
				N120°E	10°SW										
				N170°E	10°WSW										
				N160°E	10°WSW										
				N150°E	10°SW										
				N160°E	10°WSW										
				N140°E	15°SW										
				N125°E	10°SW										
		03°47'23"	10°56'28"	N10°E	10°E										
				N12°E	09°E										
				N15°E	07°ESE										

				N17°E	06°ESE										
				N18°E	09°ESE										
				N15°E	09°ESE										
				N07°E	10°E										
				N16°E	07°ESE										
				N19°E	08°ESE										
				N03°E	05°E										
				N14°E	10°ESE										
				N15°E	10°ESE										
				N17°E	07°ESE										
				N05°E	06°E										
				N20°E	09°ESE										
				N22°E	09°ESE										
				N17°E	11°ESE										
Nlep Bê	micaschiste à grenat	03°47'23"	10°56'28"	N23°E	05°ESE										
				N14°E	05°ESE										
				N22°E	07°ESE										
				N10°E	09°E										
		03°47'14"	10°56'21"	N80°E	10°SSE										
				N76°E	08°SSE										
				N79°E	10°SSE										
				N55°E	07°SE										
				N50°E	09°SE										
				N50°E	12°SE										
				N46°E	10°SE										
				N55°E	07°SE										
				N70°E	05°SE										
				N62°E	09°SE										
				N55°E	09°SE			N12°E	10°S						
				N77°E	10°SSE										
				N60°E	11°SE										
				N66°E	10°SE										
				N67°E	07°SE										
				N48°E	09°SE										
				N70°E	10°SE										
				N52°E	13°SE										
				N56°E	11°SE										
				N25°E	10°ESE										
				N05°E	09°E										
				N175°E	10°E										
				N08°E	10°E										

				N180°E	09°E										
				N23°E	15°ESE										
				N18°E	10°ESE										
				N180°E	09°E										
				N173°E	09°E										
		03°47'09"	10°55'26"	N180°E	20°E										
				N40°E	25°SE										
				N33°E	27°SE										
		03°47'09"	10°55'26"	N40°E	25°SE										
				N40°E	25°SE										
				N36°E	29°SE										
				N30°E	33°SE										
				N17°E	19°ESE										
				N30°E	33°SE										
				N17°E	30°ESE										
				N25°E	26°SE										
				N15°E	15°ESE										
				N30°E	30°SE										
		03°48'09"	10°57'35"	N105°E	18°SSW							N0°E	90°		
				N137°E	19°SW							N0°E	90°		
				N137°E	13°SW							N70°E	80°N		
				N120°E	17°SW							N80°E	87°N		
				N121°E	14°SW							N0°E	90°		
				N118°E	15°SW			N65°E	10°SW			N170°E	90°		
				N135°E	20°SW										
				N150°E	20°SW										
				N130°E	18°SW										
				N103°E	18°SSW										
				N143°E	16°SW										
				N117°E	14°SSW										
				N115°E	13°SW										
Nlep Bê	micaschiste à grenat	03°48'09"	10°57'35"	N110°E	15°SW										
				N115°E	11°SW										
				N105°E	13°SSW										
				N126°E	12°SW										
				N123°E	16°SW										
		03°48'18"	10°56'16"	N20°E	12°SE			N20°E	07°S						
Song Mpeck	micaschiste à grenat	03°51'13"	10°53'16"	N04°E	14°W										
				N11°E	14°W										
				N170°E	15°W										
				N03°E	21°W										

				N08°E	16°W										
				N0°E	12°W										
				N0°E	16°W										
				N10°E	15°W										
				N180°E	15°W										
				N05°E	18°W										
				N03°E	20°W										
				N180°E	20°W										
		03°50'29"	10°52'40"	N180°E	10°W			N0°E	7°N						
				N03°E	11°W										
				N175°E	8°W										
				N178°E	11°W										
		03°50'12"	10°52'48"	N06°E	10°W			N02°E	5°N						
				N08°E	8°W										
				N15°E	8°W										
				N10°E	10°W										
				N05°E	09°W										
				N0°E	9°W										
				N0°E	11°W										
				N15°E	8°W										
		03°49'45"	10°53'23"	N68°E	07°SE										
				N95°E	10°S										
				N73°E	10°SE			N03°E	8°S						
				N60°E	11°SE										
				N93°E	11°S										
		03°50'58"	10°52'06"	N10°E	13°W										
				N05°E	16°W										
				N25°E	15°WNW										
Nsimé-Kellé	micaschiste à grenat	03°51'10"	10°51'26"	N20°E	10°WNW										
				N178°E	14°W										
				N10°E	16°WNW			N15°E	10°SSW						
				N180°E	10°W										
	amphibolite à grenat	03°51'42"	10°51'04"	N65°E	35°SE										
				N60°E	34°SE			N165°E	33°SSE						
				N50°E	30°S										
				N58°E	37°SE										
				N65°E	37°SE										
				N57°E	33°SE										
				N67°E	30°SE										
				N52°E	35°SE										
	micaschiste à	03°52'	10°51'10"	N180°E	25°W										

	grenat			N170°E	25°WSW										
				N160°E	22°WSW										
				N180°E	27°W										
				N168°E	23°WSW										
				N166°E	20°WSW										
		03°52'54"	10°51'12"	N98°E	9°S										
				N95°E	09°S										
Nsimé-Kellé	micaschiste à grenat	03°49'43"	10°50'11"	N45°E	24°SE										
				N50°E	23°SE										
				N45°E	18°SE										
				N40°E	18°SE										
				N43°E	23°SE										
				N55°E	20°SE										
				N43°E	21°SE										
				N45°E	20°SE										
Libelingoy Sud	micaschiste à grenat	03°53'14"	10°54'39"	N15°E	15°ESE										
				N28°E	13°SE										
				N40°E	13°SE										
Manyaï	micaschiste à grenat	03°49'32"	11°00'00"	N52°E	25°SE										
				N54°E	30°SE										
				N64°E	29°SE										
				N52°E	27°SE										
				N57°E	24°SE										
				N63°E	27°SE										
				N55°E	22°SE			N10°E	27°S						
				N53°E	23°SE										
				N52°E	27°SE										
				N50°E	26°SE										
				N45°E	28°SE										
Mayebeck	micaschiste à grenat	03°49'50"	10°59'36"	N84°E	26°S			N175°E	25°S			N17°E	90		
				N80°E	25°SSE							N15°E	78°ESE		
				N80°E	26°SSE							N23°E	80°ESE		
				N72°E	25°SSE							N17°E	82°ESE		
				N85°E	30°S										
				N75°E	25°SSE										
				N90°E	27°S										
				N85°E	31°S										
		03°50'08"	10°58'49"	N65°E	28°SE										
				N63°E	21°SE										
				N73°E	26°SSE										
				N80°E	19°SSE										

		03°50'14"	10°58'42"	N0°E	12°W			N26°E	6°SW						
				N175°E	10°W										
				N13°E	9°WNW										
				N0°E	14°W										
				N0°E	15°W										
				N175°E	17°W										
		03°49'56"	10°59'46"	N55°E	11°SE										
				N85°E	12°S										
				N78°E	14°SSE			N178°E	7°S						
		03°48'55"	10°59'20"	N147°E	13°NE										
				N162°E	14°NE										
				N160°E	10°NE										
				N155°E	15°NE			N55°E	9°NE						
				N170°E	15°ENE										
				N157°E	13°NE										
		03°50'09"	10°58'33"			N28°E	13°SE								
						N0°E	12°E								
						N30°E	7°SE								
						N07°E	9°E								
						N20°E	11°ESE								
						N20°E	10°ESE								
						N15°E	8°ESE								
Mayebeck	micaschiste à grenat	03°50'09"	10°58'33"			N26°E	8°SE								
						N05°E	9°E								
						N15°E	11°ESE	N02°E	10°S						
		03°50'16"	10°59'46"	N90°E	17°N										
				N111°E	15°NNE										
				N107°E	21°NNE			N55°E	18°NE						
				N93°E	20°N										
				N95°E	20°N										
				N107°E	20°NNE										
		03°51'01"	10°59'47"	N0°E	25°E										
				N178°E	25°E										
				N0°E	22°E										
				N180°E	30°E										
				N180°E	27°E										
				N176°E	28°E										
		03°51'17"	10°59'47"	N02°E	25°E										
				N15°E	18°ESE										
				N0°E	18°E										
				N08°E	18°E										

				N10°E	16°E										
				N08°E	22°E										
				N25°E	19°ESE										
				N20°E	19°ESE										
				N11°E	17°E										
				N22°E	18°ESE										
		03°50'16"	10°59'46"												
Tranchée routière de Mayebeck	micaschiste à grenat	03°50'20"	10°58'59"	N76°E	18°SSE			N15°E	15°S						
				N65°E	15°S										
Mbem Ndjock	micaschiste à grenat	03°48'26"	10°59'13"	N87°E	7°N										
				N112°E	9°NNE										
				N115°E	10°NNE										
				N85°E	8°N										
				N90°E	9°N										
				N100°E	8°NNE										
				N102°E	10°NNE										
				N100°E	9°S										
				N82°E	10°S										
				N88°E	11°S										
				N85°E	12°S										
				N92°E	10°S			N0°E	5°N						
				N84°E	11°S										
				N80°E	9°S										
				N91°E	11°S			N08°E	9°S						
				N87°E	10°S										
				N86°E	9°S										
		03°48'01"	10°58'43"	N70°E	10°SSE			N0°E	7°S						
				N74°E	10°SSE										
				N75°E	9°SSE										
				N71°E	10°SSE										
				N66°E	9°SSE										
				N76°E	11°SSE										
				N81°E	10°S										
		03°47'24"	10°58'28"	N104°E	11°SSW			N35°E	9°SW						
				N104°E	11°SSW			N18°E	7°SSW						
				N102°E	12°SSW										
Mbem Ndjock	micaschiste à grenat	03°47'24"	10°58'28"	N115°E	12°SSW										
				N96°E	14°S										
				N98°E	10°S										
				N104°E	14°SSW										
				N118°E	12°SSW										

				N110°E	13°SSW										
				N150°E	10°SW										
				N163°E	14°SW										
				N158°E	11°SW										
				N140°E	13°SW										
		03°46'38"	10°58'30"	N70°E	17°SSE										
				N79°E	16°SSE										
				N72°E	20°SSE										
				N75°E	15°SSE			N120°E	11°SE						
Limoug Lihog	micaschiste à grenat	03°47'47"	10°52'23"	N105°E	13°NNE			N17°E	13°NNE						
				N120°E	16°NNE										
				N110°E	13°NNE										
				N90°E	14°N										
	micaschiste à grenat et chlorite	03°46'24"	10°52'35"	N73°E	14°SSE										
				N85°E	17°S										
				N95°E	15°S										
				N84°E	20°S			N45°E	14°SW						
				N87°E	16°S										
				N65°E	18°SSE										
		03°46'28"	10°53'21"	N48°E	30°NW										
				N45°E	31°NW										
				N50°E	32°NW										
				N65°E	27°NW										
	orthogneiss à biotite	03°45'16"	10°52'06"			N174°E	65°E								
						N172°E	68°E								
						N162°E	70°ENE								
						N160°E	62°ENE	N20°E	66°NNE						
						N175°E	66°E								
						N154°E	68°NE								
						N165°E	64°ENE								
						N165°E	65°ENE								
						N155°E	75°NE								
						N153°E	66°NE								
						N169°E	64°ENE								
						N150°E	64°NE								
		03°46'19"	10°52'26"			N118°E	14°NNE								
						N157°E	25°NE								
						N156°E	21°NE								
						N140°E	18°NE								
						N155°E	20°NE								
						N120°E	12°NNE								

						N150°E	19°NE								
						N158°E	20°NE								
						N146°E	16°NE								
		03°45'16"	10°52'06"												
	micaschiste grt	03°47'47"	10°52'23"												
	micaschiste à grenat et chlorite	03°46'24"	10°52'35"												
Memel	serpentinite à talc	03°48'08"	10°45'37"	N78°E	48°SSE										
				N67°E	52°SSE										
				N95°E	21°S										
				N70°E	47°SE										
				N84°E	50°SSE										
				N63°E	22°SE										
				N95°E	23°S										
				N65°E	29°SE										
	talcschiste à trémolite	03°49'10"	10°47'59"	N18°E	44°ESE										
				N05°E	50°E										
				N11°E	50°ESE										
	orthogneiss à biotite	03°47'48"	10°46'09"			N110°E	25°NNE								
						N117°E	22°NNE								
						N94°E	20°N								
						N90°E	20°N								
						N106°E	13°NNE								
		03°48'11"	10°45'00"			N45°E	72°SE								
						N47°E	75°SE								
						N42°E	75°SE								
						N43°E	78°SE								
						N52°E	77°SE								
Omog	micaschiste à grenat	03°50'49"	10°54'22"	N10°E	55°E										
				N0°E	50°E										
				N175°E	35°E										
				N179°E	39°E										
				N03°E	50°E										
				N0°E	45°E										
				N05°E	57°E										
				N178°E	42°E										
				N170°E	39°E										
				N170°E	40°E										
				N173°E	44°E										
		03°52'17"	10°54'24"	N150°E	15°SW										
				N155°E	16°SW										

				N168°E	16°WSW										
				N170°E	14°WSW										
				N142°E	16°SW										
				N162°E	15°SW										
				N161°E	15°SW										
Libolo	micaschiste à grenat	03°50'46"	10°54'18"	N158°E	40°SW										
				N160°E	43°SW										
				N157°E	41°SW										
				N165°E	39°WSW										
				N157°E	37°SW										
				N158°E	39°SW										
				N148°E	45°SW										
				N163°E	39°SW										
				N155°E	40°SW										
				N150°E	40°SW										
				N152°E	36°SW										
				N152°E	42°SW										
				N155°E	39°SW										
		03°50'00"	10°54'07"	N180°E	21°E										
				N02°E	13°E										
				N02°E	09°E										
				N04°E	18°E										
				N178°E	18°E										
				N0°E	25°E										
Libolo	micaschiste à grenat	03°50'00"	10°54'07"	N175°E	20°E										
				N07°E	10°E										
				N08°E	16°E										
				N03°E	13°E										
				N177°E	17°E										
				N178°E	10°E										
				N10°E	15°E										
				N180°E	20°E										
				N175°E	19°E										
				N05°E	18°E										
				N0°E	16°E			N27°E	12°NNE						
				N172°E	17°E										
				N180°E	13°E										
		03°49'53"	10°54'05"			N02°E	09°E								
						N0°E	05°E								
						N12°E	05°E								
						N0°E	11°E								

						N0°E	08°E								
	micaschiste à grenat et chlorite	03°49'40"	10°54'50"			N07°E	32°W								
						N15°E	22°WNW								
						N17°E	24°WNW								
						N02°E	29°W								
						N12°E	35°WNW								
						N10°E	37°W								
						N03°E	36°W								
						N12°E	35°W								
						N03°E	28°W								
						N06°E	30°W								
						N16°E	21°WNW								
						N0°E	20°W								
						N18°E	30°WNW								
						N21°E	28°WNW								
						N10°E	31°W								
						N0°E	23°W								
						N05°E	35°W								
						N0°E	36°W								
						N0°E	25°W								
						N02°E	36°W								
						N05°E	33°W								
						N08°E	24°W								
	micaschiste à grenat	03°49'44"	10°54'52"			N103°E	12°SSW								
						N100°E	12°SSW								
						N100°E	14°SSW								
						N120°E	13°SW								
						N120°E	15°SW								
						N108°E	12°SSW								
						N113°E	15°SSW								
						N115°E	13°SSW								
						N102°E	16°SSW								
						N106°E	14°SSW								
						N103°E	10°SSW								
Ngong	micaschiste à grenat	03°46'55"	10°55' 00"	N98°E	14°N							N180°E	90°		
				N80°E	10°N							N170°E	90°		
				N125°E	15°NNE							N173°E	90°		
				N104°E	14°NNE							N175°E	90°		
				N90°E	13°N							N172°E	90°		
				N117°E	11°NNE										
				N110°E	10°NNE										

				N110°E	16°NNE										
				N100°E	14°NNE										
				N123°E	15°NE										
				N95°E	16°N										
				N103°E	14°NNE										
				N118°E	15°NNE										
				N120°E	13°NE										
				N104°E	10°NNE										
				N85°E	09°N										
				N96°E	15°N										
				N115°E	12°NNE										
				N80°E	10°N										
		03°46'31"	10°55'31"	N95°E	17°N										
				N90°E	15°N										
				N88°E	12°N										
				N97°E	20°N										
				N93°E	19°N										
				N92°E	12°N										
				N103°E	18°NNE										
				N102°E	17°NNE										
				N106°E	19°NNE										
				N103°E	21°NNE										
				N100°E	20°NNE										
				N102°E	20°NNE										
		03°46'12"	10°55'39"	N0°E	30°E										
				N12°E	29°ESE										
				N0°E	27°E										
				N180°E	30°E										
				N13°E	38°ESE										
				N02°E	25°E										
				N0°E	35°E										
				N0°E	25°E										
				N04°E	28°E										
				N0°E	25°E										
				N02°E	32°E										
				N16°E	33°ESE										
				N180°E	27°E										
				N02°E	30°E										
				N12°E	33°ESE										
				N02°E	38°E										
				N15°E	36°ESE										

				N0°E	32°E										
				N0°E	35°E										
				N03°E	27°E										
		03°46'30"	10°55'48"	N165°E	18°ENE										
				N180°E	10°E			N0°E	07°N						
				N170°E	15°ENE										
				N0°E	20°E										
				N175°E	25°ENE										
				N165°E	19°ENE										
				N05°E	18°E										
		03°46'40"	10°56'00"	N20°E	18°ESE										
Tayap	micaschiste à grenat	03°48'52"	10°56'37"	N130°E	11°SW										
				N95°E	10°S										
				N115°E	10°SW			N17°E	07°SSW						
				N125°E	10°SW										
		03°49'16"	10°54'42"	N48°E	09°SE										
				N70°E	10°SE										
				N81°E	10°SSE										
				N70°E	08°SE										
				N47°E	09°SE										
				N52°E	08°SE										
				N60°E	07°SE			N18°E	06°SSW						
				N53°E	09°SE										
				N68°E	12°SE										
				N67°E	10°SE										
				N55°E	05°SE										
				N63°E	10°SE										
				N77°E	09°SSE										
		03°48'44"	10°53'41"	N102°E	22°NNE										
				N103°E	30°NNE										
				N90°E	29°N										
				N100°E	32°NNE										
				N98°E	22°N										
				N90°E	25°N										
				N91°E	38°N										
				N103°E	35°NNE										
		03°48'25"	10°53'46"	N93°E	09°N										
				N76°E	30°NNW										
				N75°E	25°NNW										
				N78°E	22°NNW										
				N64°E	35°NW										

				N137°E	12°SW										
				N110°E	14°SSW										
				N128°E	11°SW										
				N130°E	10°SW										
				N144°E	11°SW										
				N125°E	23°SW										
				N136°E	15°SW										
				N115°E	12°SSW										
				N107°E	11°SSW										
		03°49'17"	10°55'47"	N135°E	14°SW										
				N135°E	12°SW										
				N114°E	14°SSW										
				N127°E	16°SW										
				N107°E	20°SSW										
				N142°E	18°SW										
				N135°E	20°SW										
				N155°E	13°SW										
				N156°E	15°SW										
				N130°E	14°SW										
				N180°E	09°W										
				N180°E	18°W										
				N180°E	19°W										
				N02°E	09°W										
		03°48'35"	10°54'46"	N07°E	15°W										
				N0°E	10°W										
				N0°E	16°W										
				N0°E	10°W			N26°E	07°SSW						
				N0°E	08°W										
Tayap	quartzite à grenat et micaschiste à grenat	03°49'33"	10°54'58"			N135°E	19°SW					N118°E	90°		
						N113°E	18°SSW	N17°E	16°SSW			N05°E	90°		
						N113°E	18°SSW	N03°E	12°S						
						N113°E	18°SSW	N05°E	11°S						
						N113°E	18°SSW	N02°E	12°S						
						N105°E	17°SSW								
						N105°E	14°SSW								
						N105°E	17°SSW								
						N111°E	16°SSW								
						N120°E	15°SW								
						N110°E	15°SSW								
						N120°E	14°SW								
						N122°E	18°SW								

						N108°E	18°SSW								
						N100°E	15°SSW								
						N113°E	13°SSW								
						N100°E	13°SSW								
						N100°E	19°SSW								
						N104°E	16°SSW								
						N100°E	17°SSW								
						N107°E	17°SSW								
	quartzite	03°49'43"	10°55'22"	N126°E	12°SW										
				N115°E	15°SSW			N0°E	11°S						
				N110°E	14°SSW										
				N118°E	16°SSW										
				N113°E	14°SSW										
				N112°E	12°SSW										
				N118°E	14°SSW										
				N107°E	13°SSW										
				N103°E	12°SSW										
				N128°E	12°SW										
	micaschiste à grenat	03°48'18"	10°56'16"	N180°E	10°E										
				N180°E	12°S										
				N15°E	07°ESE										
				N25°E	10°ESE										
				N180°E	08°E										
				N180°E	08°E										
				N20°E	12°ESE										
				N20°E	11°ESE										
				N10°E	10°E										
				N25°E	10°ESE										
Mamb	métagabbro à grenat	03°51'33"	10°55'35"			N117°E	18°SW			N120°E	10°SW				
										N120°E	20°NE				
Tranchée routière de Mamb	métagabbro à grenat	03°51'41"	10°55'34"					N160°E	19°NNW						
								N0°E	15°S						
	hornblendite							N75°E	05°WSW						
Bibodi	amphibolite à épidote	03°57'58"	10°54'29"			N06°E	57°E								
						N0°E	50°E								
	amphibolite	03°57'18''	10°54'05''			N155°E	20°NE								
Bibodi Lamal	micaschiste à grenat	03°52'58"	10°57'03"	N145°E	15°NE			N05°E	05°N						
	talcschiste	03°53'20"	10°56'59"	N145°E	15°NE										
	quartzite	03°52'30"	10°57'05"			N128°E	15°SW	N13°E	10°S						

ANNEXE 2 - ORTHOGNEISS ET ROCHES ASSOCIEES

Compositions chimiques en roches totales

Type	Orthogneiss				Amphibolite
	à bt-mu-grt			à mu-ép	à grt-ép
Echantillon	MP1	MP3	MP4	ME2	MP2
SiO2	71.90	67.34	69.93	69.27	43.63
Al2O3	15.73	12.26	15.59	16.70	15.39
$Fe2O3_{tot.}$	1.58	5.33	2.65	1.04	18.08
MnO	0.02	0.07	0.04	0.01	0.17
MgO	0.58	3.16	1.10	0.62	6.37
CaO	3.31	2.68	3.24	1.34	10.19
Na2O	4.82	1.94	4.60	3.58	2.58
K2O	1.63	2.69	2.14	1.82	0.54
TiO2	0.18	0.67	0.26	0.12	1.45
P2O5	0.05	0.15	0.07	0.04	0.44
PF	0.50	2.83	0.66	4.04	0.97
Total	100.32	99.11	100.28	98.56	99.82
Ba	623	879	873	2471	105
Co	3	15	7	3	68
Cr	10	84	24	22	14
Cs	0	5	1	0	0
Cu	-	19	-	4	66
Ga	19	17	21	18	23
Hf	3	4	3	3	1
Nb	2	9	3	1	1
Ni	7	40	17	12	69
Rb	43	102	75	38	22
Sr	407	147	397	399	533
Th	12	9	11	28	1
U	1	2	1	1	0
V	14	103	35	14	458
Y	2	20	3	2	12
Zn	25	94	42	15	138
Zr	110	168	94	85	14
La	33.69	28.22	25.93	33.89	13.76
Ce	54.07	56.83	40.52	58.66	31.61
Pr	5.23	6.49	3.79	6.32	4.43
Nd	16.17	24.38	12.14	20.70	20.36
Sm	2.03	4.77	1.53	2.68	4.46
Eu	1.18	1.08	0.68	0.70	1.57
Gd	1.18	4.11	0.99	1.39	3.48
Tb	0.12	0.61	0.12	0.14	0.45
Dy	0.51	3.59	0.57	0.57	2.46
Ho	0.07	0.69	0.10	0.08	0.43
Er	0.18	1.95	0.27	0.20	1.12
Tm	0.03	0.30	0.04	0.02	0.15
Yb	0.16	2.00	0.27	0.17	0.93
Lu	0.03	0.30	0.04	0.03	0.14

COMPOSITIONS CHIMIQUES DES MINERAUX

Orthogneiss à biotite			
échantillon	ME2		
minéral	Bt	Mu	Pl
N° sonde	64	65	63
	1a	1a	1a
SiO2	39.23	46.93	65.88
TiO2	1.49	0.73	0.00
Al2O3	17.26	28.81	22.12
FeOtot.	11.38	3.33	0.00
MnO	0.15	0.18	0.06
MgO	15.71	2.46	0.00
CaO	0.01	0.01	2.71
Na2O	0.06	0.31	9.89
K2O	8.89	10.33	0.05
H2O*	4.18	4.34	
Total	98.36	97.43	100.71
FORMULE STRUCTURALE			
Si	5.62	6.48	2.873
Al iv	2.38	1.52	
Al vi	0.54	3.16	
Al total	2.92	4.69	1.137
Ti	0.16	0.08	0.000
Fe	1.36	0.38	
Mn	0.02	0.02	0.002
Mg	3.36	0.51	0.000
Ca	0.00	0.00	0.127
Na	0.02	0.08	0.836
K	1.63	1.82	0.003
OH*	4.00	4.00	
Total	19.09	18.05	4.98
Nbre d'Ox (Si)	22	22	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.71	0.57	
Ab			86.6
An			13.1
Or			0.3

Orthogneiss à biotite							
Echantillon	MK9						
minéraux	Bt			Mu	Pl		
N° sonde	46	48	49	53	47	51	52
	1a	1b	1c	1d	1b	1c	1c
SiO2	35.70	36.13	35.91	45.90	63.95	61.50	63.96
TiO2	2.34	2.66	2.52	0.62	0.00	0.25	0.00
Al2O3	17.43	17.63	17.87	32.11	23.03	22.56	22.82
FeO	21.08	20.05	20.38	3.21			
Fe2O3					0.06	2.19	0.00
MnO	0.06	0.27	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02
MgO	8.64	7.77	9.04	1.46	0.00	0.81	0.01
CaO	0.05	0.46	0.18	0.04	3.64	3.45	3.79
Na2O	0.04	0.11	0.11	0.49	9.82	8.71	10.05
K2O	8.58	7.70	8.40	10.39	0.10	0.99	0.04
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00			
H2O*	3.91	3.90	3.95	4.40			
Total	97.84	96.68	98.44	98.62	100.60	100.45	100.68
FORMULE STRUCTURALE							
Si	5.48	5.55	5.45	6.25	2.81	2.74	2.81
Al iv	2.52	2.45	2.55	1.75			
Al vi	0.64	0.75	0.65	3.41			
Al total	3.16	3.19	3.20	5.16	1.19	1.18	1.18
Ti	0.27	0.31	0.29	0.06	0.00	0.01	0.00
Fe	2.71	2.58	2.59	0.37			
Fe3+					0.00	0.07	0.00
Fe2+							
Mn	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	1.98	1.78	2.04	0.30	0.00	0.05	0.00
Ca	0.01	0.08	0.03	0.01	0.17	0.16	0.18
Na	0.01	0.03	0.03	0.13	0.84	0.75	0.86
K	1.68	1.51	1.63	1.80	0.01	0.06	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00			
OH*	4.00	4.00	4.00	4.00			
Total	19.30	19.06	19.26	18.07	5.02	5.03	5.03
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.42	0.41	0.44	0.55			
Ab					82.6	77.3	82.6
An					16.9	16.9	17.2
Or					0.5	5.8	0.2
Pistachite (%)							

Orthogneiss à biotite								
Echantillon	MK10							
minéraux	Bt		Mu	Pl				
N° sonde	56	57	61	58	59	60	62	63
	1a	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b
SiO2	36.62	35.63	48.96	65.16	65.20	64.81	64.95	65.51
TiO2	2.06	1.94	0.39	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
Al2O3	17.24	17.07	29.78	22.68	22.50	22.73	22.69	22.73
FeO	20.87	20.81	2.94					
Fe2O3				0.01	0.00	0.03	0.00	0.14
MnO	0.05	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
MgO	8.79	8.81	2.31	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00
CaO	0.00	0.06	0.06	3.13	3.06	3.28	3.29	3.26
Na2O	0.09	0.07	0.13	9.95	10.01	10.16	9.93	10.09
K2O	9.63	9.38	10.66	0.11	0.17	0.17	0.15	0.17
Cr2O3	0.00	0.00	0.00					
H2O*	3.97	3.88	4.72					
Total	99.32	97.74	99.96	101.04	100.99	101.21	101.04	101.91
FORMULE STRUCTURALE								
Si	5.53	5.50	6.22	2.84	2.84	2.83	2.84	2.84
Al iv	2.47	2.50	1.78					
Al vi	0.60	0.61	2.68					
Al total	3.07	3.11	4.46	1.17	1.16	1.17	1.17	1.16
Ti	0.23	0.23	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	2.64	2.69	0.31					
Fe3+				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2+								
Mn	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	1.98	2.03	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.01	0.01	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15
Na	0.03	0.02	0.03	0.84	0.85	0.86	0.84	0.85
K	1.86	1.85	1.73	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00					
OH*	4	4	4					
TOTAL	19.35	19.44	21.70	5.00	5.00	5.02	5.01	5.01
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	8	8	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.43	0.43	0.58					
Ab				84.68	84.74	84.05	83.82	84.05
An				14.71	14.31	15.00	15.36	15.02
Or				0.61	0.95	0.95	0.82	0.93

Orthogneiss à biotite										
Echantillon	MK11									
minéraux	Bt		Mu	Pl				Cal		Ep
N° sonde	46	48	51	45	50	52	55	53	54	47
	1b	1b	1c	1a	1c	1c	1d	1d	1d	1b
SiO2	35.76	36.08	47.51	64.66	67.56	63.93	65.52	0.04	0.06	38.02
TiO2	1.83	1.78	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08
Al2O3	17.37	17.86	30.35	23.16	20.97	22.48	22.40	0.01	0.01	25.60
FeO	18.92	19.45	3.56					1.14	1.01	9.09
Fe2O3				0.00	0.05	0.00	0.00			
MnO	0.19	0.24	0.06	0.00	0.03	0.05	0.07	0.52	0.54	0.00
MgO	9.71	9.58	2.35	0.00	0.02	0.01	0.01	0.36	0.36	0.00
CaO	0.12	0.00	0.08	3.71	1.45	3.26	3.28	58.71	61.65	22.96
Na2O	0.14	0.11	0.16	9.51	11.21	10.00	9.81	0.05	0.02	0.01
K2O	9.65	8.77	10.18	0.26	0.11	0.06	0.13	0.01	0.00	0.02
Cr2O3	0.00	0.00	0.02					0.00	0.00	
H2O*	3.91	3.94	4.66							
Total	97.58	97.80	99.35	101.31	101.38	99.77	101.23	60.84	63.65	95.77
FORMULE STRUCTURALE										
Si	5.49	5.49	6.12	2.82	2.92	2.83	2.85	0.00	0.00	3.10
Al iv	2.51	2.51	1.88							0.00
Al vi	0.63	0.70	2.73							2.45
Al total	3.14	3.21	4.61	1.19	1.07	1.17	1.15	0.00	0.00	2.45
Ti	0.21	0.20	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	2.43	2.48	0.38					0.09	0.07	0.62
Fe3+				0.00	0.00	0.00	0.00			0.55
Fe2+										0.07
Mn	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00
Mg	2.22	2.18	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00
Ca	0.02	0.00	0.01	0.17	0.07	0.15	0.15	5.81	5.82	2.00
Na	0.04	0.03	0.04	0.80	0.94	0.86	0.83	0.01	0.00	0.00
K	1.89	1.70	1.67	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00					0.00	0.00	
OH*	4	4	4							
TOTAL	19.47	19.32	21.94	5.00	5.01	5.02	4.99	6.00	6.00	8.17
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	8	8	8	8	6	6	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.48	0.47	0.56							
Ab				81.05	92.80	84.47	83.77			
An				17.49	6.63	15.21	15.48			
Or				1.46	0.57	0.32	0.74			
%Ps										18.27

Orthogneiss à biotite											
Echantillon	**MK12**										
Minéraux	**Mu**					**Pl**			**Or**	**Ep**	
N° sonde	**97**	**99**	**105**	**106**	**108**	**100**	**102**	**107**	**96**	**103**	**104**
	1a	1a	2b	2b	2c	1a	2a	2b	1a	2a	2a
SiO2	47.54	47.03	49.25	49.16	50.50	69.21	68.37	68.72	64.01	37.40	38.14
TiO2	0.65	0.66	0.43	0.30	0.18	0.03	0.01	0.00	0.00	0.04	0.05
Al2O3	28.89	29.72	28.47	27.81	27.56	19.97	20.02	19.96	18.68	25.00	24.90
FeO	4.70	4.38	4.04	4.23	4.05					10.83	10.25
Fe2O3recalc.						0.00	0.03	0.04	0.00		
MnO	0.03	0.00	0.12	0.04	0.02	0.02	0.00	0.01	0.04	0.12	0.13
MgO	2.27	2.20	2.61	2.54	2.84	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.37	0.38	0.29	0.00	22.82	22.13
Na2O	0.21	0.13	0.13	0.15	0.13	11.48	11.30	11.51	0.88	0.00	0.00
K2O	10.51	10.62	10.89	10.76	10.42	0.04	0.04	0.04	14.64	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
H2O*	4.40	4.40	4.47	4.42	4.48						
Total	99.19	99.14	100.40	99.41	100.23	101.13	100.17	100.58	98.25	96.22	95.60
FORMULE STRUCTURALE											
Si	6.48	6.41	6.61	6.66	6.76	2.99	2.98	2.98	2.99	3.06	3.12
Al iv	1.52	1.59	1.39	1.34	1.24					0.00	0.00
Al vi	3.12	3.18	3.11	3.11	3.10					2.41	2.40
Al total	4.64	4.77	4.50	4.44	4.35	1.02	1.03	1.02	1.03	2.41	2.40
Ti	0.07	0.07	0.04	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.54	0.50	0.45	0.48	0.45						
Fe3+						0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.60
Fe2+										0.15	0.10
Mn	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Mg	0.46	0.45	0.52	0.51	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	2.00	1.94
Na	0.05	0.04	0.03	0.04	0.03	0.96	0.95	0.97	0.08	0.00	0.00
K	1.83	1.85	1.86	1.86	1.78	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
OH*	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00						
TOTAL	18.07	18.08	18.04	18.03	17.96	4.99	4.98	4.99	4.97	8.23	8.18
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	22	22	8	8	8	8	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.49	0.47	0.54	0.52	0.56						
Ab						98.0	98.0	98.4	8.3		
An						1.8	1.8	1.4	0.0		
Or						0.2	0.2	0.2	91.7		
%Ps										19.68	20.04

Orthogneiss à biotite							
Echantillon	MK13						
minéraux	Bt		Pl			Ep	
N° sonde	4	7	5	6	8	1	2
	1a	1b	1a	1b	1b	1a	1a
SiO2	35.71	35.82	65.04	64.61	64.26	38.47	38.84
TiO2	2.06	2.02	0.00	0.00	0.00	0.33	0.22
Al2O3	17.77	17.16	22.55	22.58	22.35	27.02	27.65
FeO	21.87	22.21				7.68	6.68
Fe2O3			0.08	0.00	0.00		
MnO	0.22	0.23	0.00	0.00	0.00	0.14	0.18
MgO	8.32	7.95	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
CaO	0.06	0.02	3.24	3.14	3.22	23.23	22.90
Na2O	0.10	0.09	9.67	9.65	9.82	0.01	0.00
K2O	9.39	9.34	0.19	0.10	0.21	0.02	0.00
Cr2O3	0.00	0.00					
H2O*	3.93	3.90					
Total	99.43	98.73	100.77	100.09	99.85	96.91	96.47
FORMULE STRUCTURALE							
Si	5.44	5.50	2.84	2.84	2.84	3.07	3.09
Al iv	2.56	2.50				0.00	0.00
Al vi	0.63	0.61				2.54	2.59
Al total	3.19	3.11	1.16	1.17	1.16	2.54	2.59
Ti	0.24	0.23	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
Fe	2.79	2.85				0.51	0.44
Fe3+			0.00	0.00	0.00	0.46	0.41
Fe2+						0.05	0.03
Mn	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Mg	1.89	1.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.01	0.00	0.15	0.15	0.15	1.99	1.95
Na	0.03	0.03	0.82	0.82	0.84	0.00	0.00
K	1.83	1.83	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00					
OH*	4	4					
TOTAL	19.44	19.41	4.99	4.99	5.01	8.14	8.10
Nbre d'Ox (Si)	22	22	8	8	8	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.40	0.39					
Ab			83.44	84.30	83.68		
An			15.46	15.13	15.17		
Or			1.10	0.57	1.16		
%Ps						15.40	13.71

Orthogneiss à biotite				
échantillon	MP1			
minéral	Pl			
N° sonde	57	58	59	60
	1a	1a	1b	1b
SiO2	64.93	61.48	61.80	62.65
TiO2	0.02	0.03	0.00	0.00
Al2O3	22.51	23.82	24.36	24.49
FeOtot.	0.05	0.08	0.00	0.00
Fe2O3recalc.	0.06	0.09	0.00	0.00
MnO	0.02	0.05	0.03	0.05
MgO	0.01	0.03	0.00	0.00
CaO	3.65	5.51	5.56	5.43
Na2O	9.22	8.37	8.40	8.42
K2O	0.14	0.20	0.17	0.12
Total	100.55	99.56	100.32	101.16
FORMULE STRUCTURALE				
Si	2.84	2.74	2.73	2.74
Al total	1.16	1.25	1.27	1.26
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.17	0.26	0.26	0.25
Na	0.78	0.72	0.72	0.71
K	0.01	0.01	0.01	0.01
Total	4.97	5.00	5.00	4.99
Nbre d'Ox (Si)	8	8	8	8
Ab	81.42	72.50	72.55	73.22
An	17.79	26.37	26.51	26.09
Or	0.79	1.13	0.94	0.69

Hornblendite à grenat																							
échantillon	MP2																						
minéral	Grt														Hbl					Bt	Mgn		Ilm
N° sonde	56	57	58	59	60	61	62	63	68	69	70	74	75	76	55	67	71	73	79	66	64	72	65
	1a-bord	1a-bord	1a-inter.	1acoeur	1acoeur	1a-inter.	1a-inter.	1b	2a	2b-cœur	2b-bord	3a-bord	3a-inter.	3a	1a	1c	2b	3a	3b-cœur	1b	1b	3a	1b
SiO2	37.94	38.16	38.24	38.81	38.86	38.78	39.26	38.08	38.89	38.92	37.56	38.61	38.71	39.08	40.17	44.93	40.31	41.52	45.17	35.91	0.02	0.00	
TiO2	0.03	0.03	0.00	0.04	0.00	0.03	0.06	0.05	0.06	0.05	0.00	0.01	0.02	0.01	0.53	0.81	0.21	0.53	1.13	2.15	0.07	0.15	47.15
Al2O3	20.89	21.27	21.07	21.01	21.06	21.06	21.34	21.43	21.46	20.93	20.87	20.97	21.22	21.08	16.45	11.63	16.75	14.85	10.42	18.12	0.23	0.24	
FeOtot.	30.16	30.08	30.53	26.75	25.19	25.14	24.64	28.22	25.43	25.18	30.00	28.33	25.59	25.66	16.69	15.67	16.20	17.67	15.45	15.64	90.47	89.79	48.44
MnO	1.72	1.47	1.63	1.11	0.39	0.36	0.45	1.84	0.45	0.54	1.20	1.37	0.46	0.39	0.08	0.10	0.04	0.11	0.00	0.05			0.46
MgO	3.82	3.93	3.98	5.33	6.41	6.26	6.38	4.34	6.50	6.33	4.15	3.69	6.30	6.51	7.93	10.75	8.31	8.83	11.47	12.86	0.01	0.03	0.32
CaO	5.61	5.21	5.26	6.76	7.74	8.34	7.96	6.23	6.91	7.62	5.17	6.21	7.76	7.61	11.16	11.05	11.46	10.93	11.29	0.08			
Na2O	0.06	0.04	0.02	0.07	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.16	2.04	1.83	2.14	2.14	1.67	0.22			
K2O	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.70	0.40	0.64	0.70	0.42	8.55			0.01
H2O*															1.98	2.04	1.99	2.02	2.04	4.00			
Total	100.25	100.20	100.72	99.88	99.66	100.04	100.12	100.19	99.69	99.59	98.99	99.22	100.09	100.54	97.73	99.20	98.05	99.29	99.05	97.57	90.79	90.22	96.37
FORMULE STRUCTURALE																							
Si	3.01	3.02	3.01	3.03	3.02	3.01	3.03	3.00	3.02	3.03	3.00	3.06	3.00	3.02	6.08	6.60	6.08	6.17	6.65	5.39			
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.92	1.40	1.92	1.83	1.35	2.61			
Al vi	1.95	1.98	1.96	1.94	1.93	1.93	1.94	1.98	1.96	1.92	1.97	1.96	1.94	1.92	1.02	0.62	1.06	0.77	0.46	0.59			
Al total	1.95	1.98	1.96	1.94	1.93	1.93	1.94	1.99	1.96	1.92	1.97	1.96	1.94	1.92	2.94	2.01	2.98	2.60	1.81	3.20	0.00	0.00	
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.09	0.02	0.06	0.12	0.24	0.00	0.00	0.92
Fe																				1.96	2.99	2.98	
Fe3+	0.03	0.00	0.03	0.02	0.04	0.06	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.00	0.05	0.05	0.41	0.53	0.36	0.70	0.53				
Fe2+	1.96	1.99	1.98	1.73	1.59	1.57	1.57	1.85	1.64	1.59	1.99	1.90	1.61	1.60	1.70	1.40	1.68	1.49	1.37				1.05
Mn	0.12	0.10	0.11	0.07	0.03	0.02	0.03	0.12	0.03	0.04	0.08	0.09	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Mg	0.45	0.46	0.47	0.62	0.74	0.72	0.73	0.51	0.75	0.73	0.50	0.44	0.73	0.75	1.79	2.36	1.87	1.96	2.52	2.88	0.00	0.00	0.01
Ca	0.48	0.44	0.44	0.57	0.64	0.69	0.66	0.53	0.57	0.64	0.44	0.53	0.64	0.63	1.81	1.74	1.85	1.74	1.78	0.01			
Na															0.60	0.52	0.63	0.62	0.48	0.06			
K															0.14	0.07	0.12	0.13	0.08	1.64			

OH*															2	2	2	2	2	4.00			
Total	8.00	7.99	8.00	7.99	8.00	8.01	7.99	8.00	7.99	7.99	8.00	7.97	8.01	8.00	17.54	17.33	17.60	17.49	17.33	19.39	3.00	2.99	1.98
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	23	23	23	23	23	22	6	6	6
Mg/(Mg+Fe2+)	0.19	0.19	0.19	0.26	0.32	0.31	0.32	0.22	0.31	0.32	0.20	0.19	0.31	0.32	0.51	0.63	0.53	0.57	0.65	0.59	0.00	0.00	
Almandine	64.99	66.26	65.73	57.09	52.27	51.53	51.73	61.37	54.25	52.27	65.86	64.07	52.95	52.51									
Andradite	1.73	0.01	1.36	1.10	2.22	2.83	1.08	0.54	0.66	2.20	1.12	0.00	2.44	2.71									
Grossular	14.27	14.82	13.55	18.19	19.55	20.51	21.27	17.00	18.72	19.39	13.71	17.96	19.18	18.56									
Pyrope	15.14	15.59	15.70	21.13	25.10	24.35	24.91	17.00	25.36	24.93	16.58	14.84	24.42	25.35									
Spessartine	3.87	3.31	3.66	2.49	0.87	0.79	1.01	4.09	1.01	1.21	2.73	3.13	1.01	0.87									
% ilm																							90.05
%																							92.12
% ulvospinel																					0.19	0.46	
%usp/(usp+mt)																					0.19	0.46	

Orthogneiss à biotite													
échantillon	MP3												
minéral	Grt				Bt				Mu		Pl		Ankér
N° sonde	103	104	105	101	106	108	109	113	98	110	99	100	102
	2a-cœur	2a-interm.	2a-bord	1b	2a	2a	2b	2c	1a	2b	1a	1a	1b
SiO2	37.88	37.46	37.85	37.08	36.91	37.57	36.81	37.26	46.02	46.26	62.63	61.80	0.00
TiO2	0.10	0.09	0.07	0.07	1.68	1.86	1.72	1.69	0.58	0.71	0.00	0.00	0.00
Al2O3	21.09	20.91	21.28	20.53	18.79	18.72	17.82	18.07	33.06	32.98	24.00	23.17	0.00
FeOtot.	28.07	27.56	28.17	27.75	17.10	16.09	17.19	17.45	1.55	1.45	0.00	0.00	9.75
Fe2O3recalc.													
MnO	3.20	3.32	3.23	3.29	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.10	0.06	0.05	0.60
MgO	1.92	1.82	1.99	1.91	11.36	10.73	11.26	11.08	1.27	1.21	0.02	0.03	14.36
CaO	7.89	8.15	7.56	7.64	0.00	0.11	0.03	0.03	0.01	0.01	5.40	4.88	28.86
Na2O	0.03	0.02	0.01	0.36	0.25	0.19	0.18	0.12	0.89	0.78	8.25	8.57	0.00
K2O	0.00	0.02	0.02		8.75	8.83	8.84	8.74	9.50	9.70	0.09	0.07	0.01
H2O*					4.05	4.06	4.00	4.04	4.40	4.41			
Total	100.18	99.36	100.17	98.62	98.90	98.15	97.88	98.47	97.30	97.59	100.43	98.56	53.59
FORMULE STRUCTURALE													
Si	3.02	3.01	3.01	3.01	5.46	5.55	5.52	5.53	6.27	6.28	2.76	2.77	0.00
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	2.45	2.48	2.47	1.73	1.72			
Al vi	1.98	1.98	2.00	1.96	0.74	0.81	0.66	0.70	3.57	3.56			
Al total	1.98	1.98	2.00	1.96	3.28	3.26	3.15	3.16	5.31	5.28	1.25	1.23	0.00
Ti	0.01	0.01	0.00	0.00	0.19	0.21	0.19	0.19	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00
Fe					2.12	1.99	2.15	2.17	0.18	0.16			0.27
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.02							0.00	0.00	
Fe2+	1.87	1.85	1.89	1.88									
Mn	0.22	0.23	0.22	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02
Mg	0.23	0.22	0.24	0.23	2.51	2.36	2.52	2.45	0.26	0.24	0.00	0.00	0.71
Ca	0.67	0.70	0.64	0.66	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.23	1.01
Na					0.07	0.05	0.05	0.03	0.23	0.20	0.70	0.75	0.00
K					1.65	1.66	1.69	1.66	1.65	1.68	0.00	0.00	0.00
OH*					4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00			
Total	7.99	7.99	7.99	8.00	19.27	19.10	19.28	19.20	17.95	17.94	4.97	4.99	2.00
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	22	22	22	22	22	22	8	8	6
Mg/(Mg+Fe2+)	0.11	0.11	0.11	0.11	22	22	22	22					
Ab											73.1	75.8	
An											26.4	23.9	
Or											0.5	0.4	
Almandin	62.4	61.5	63.2	62.4									
Andradite	0.0	0.2	0.0	1.1									
Grossulaire	22.6	23.4	21.6	21.1									
Pyrope	7.7	7.3	7.9	7.7									
Spessartine	7.3	7.6	7.3	7.6									

Orthogneiss à biotite													
échantillon	MP4												
minéral	Hbl	Bt							Pl				Ep
N° sonde	46	44	45	47	48	52	54	56	43	50	51	53	49
	1a	1e	1b	1a	1c	2b	2a	2a	1e	2c	2c	2d	1d
SiO2	41.92	37.03	36.61	37.20	37.05	36.94	36.85	36.95	62.71	62.78	62.83	63.09	37.59
TiO2	1.07	2.19	1.81	1.75	1.78	2.29	2.14	2.14	0.01	0.00	0.00	0.01	0.07
Al2O3	12.51	16.71	16.27	16.31	16.33	17.17	16.64	16.33	23.43	23.81	23.87	23.67	23.21
FeOtot.	17.53	18.88	19.19	18.41	18.60	17.65	18.03	18.64	0.00	0.03	0.00	0.00	11.80
MnO	0.34	0.26	0.16	0.29	0.31	0.15	0.29	0.24	0.00	0.00	0.06	0.13	0.19
MgO	8.57	10.61	11.34	11.66	11.30	10.09	10.39	10.73	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
CaO	11.96	0.00	0.18	0.09	0.07	0.01	0.05	0.01	4.98	5.18	4.93	4.85	22.43
Na2O	1.27	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05	0.07	0.04	8.51	8.34	8.99	8.75	
K2O	1.58	9.89	9.13	9.27	9.51	9.88	9.51	9.68	0.14	0.20	0.21	0.17	
H2O*	1.97	4.01	3.97	4.01	4.00	3.98	3.96	3.98					
Total	98.70	99.60	98.69	99.03	99.00	98.21	97.91	98.75	99.77	100.33	100.91	100.67	95.28
FORMULE STRUCTURALE													
Si	6.39	5.53	5.52	5.56	5.56	5.56	5.57	5.56	2.78	2.77	2.76	2.77	3.12
Al iv	1.61	2.47	2.48	2.44	2.44	2.44	2.43	2.44					
Al vi	0.64	0.48	0.42	0.43	0.44	0.61	0.54	0.46					
Al total		2.94	2.89	2.87	2.89	3.05	2.97	2.90	1.22	1.24	1.24	1.23	2.27
Ti	0.12	0.25	0.21	0.20	0.20	0.26	0.24	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe		2.36	2.42	2.30	2.33	2.22	2.28	2.35					0.82
Fe3+	0.12												
Fe2+	2.11												
Mn	0.04	0.03	0.02	0.04	0.04	0.02	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Mg	1.95	2.36	2.55	2.60	2.53	2.26	2.34	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	
Ca	1.95	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.24	0.24	0.23	0.23	2.00
Na	0.37	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.73	0.71	0.77	0.75	
K	0.31	1.88	1.76	1.77	1.82	1.90	1.84	1.86	0.01	0.01	0.01	0.01	
OH*	2.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00					
Total	17.63	19.37	19.41	19.35	19.38	19.29	19.31	19.36	4.98	4.97	5.01	4.99	8.23
Nbre d'Ox (Si)	23	22	22	22	22	22	22	22	8	8	8	8	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.48												
Ab									75.0	73.6	75.8	75.8	
An									24.2	25.3	23.0	23.2	
Or									0.8	1.1	1.2	1.0	

Orthogneiss à biotite													
échantillon	08.31												
minéral	Grt		Bt				Pl				Ankér	ilm	Chl
N° sonde	46	47	53	56	58	50	55	57	49	51	52	54	48
	2a-interm.	2a-bord	1a	1c	1c	2a	1c	1c	2a	2a	1a	1b	2a
SiO2	38.17	38.24	36.98	37.00	36.57	37.26	63.28	64.18	63.60	64.02	0.02	0.06	26.34
TiO2	0.06	0.03	2.20	2.15	1.92	2.27	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	51.90	0.04
Al2O3	21.72	21.45	17.04	17.53	17.90	17.73	23.82	23.02	23.56	23.14	0.00	0.04	22.48
FeOtot.	27.54	28.40	17.87	18.09	18.01	16.76					9.99	45.20	20.28
Fe2O3recalc.	0.00	0.00					0.01	0.06	0.00	0.00			1.26
MnO	3.97	1.78	0.08	0.11	0.00	0.05	0.07	0.02	0.01	0.00	0.94	1.47	0.07
MgO	1.96	2.42	10.36	10.94	11.05	10.32	0.00	0.00	0.00	0.00	13.71	0.18	16.60
CaO	8.14	8.07	0.00	0.04	0.01	0.07	4.76	4.19	4.47	4.29	29.41		0.02
Na2O			0.14	0.16	0.14	0.13	8.94	9.38	9.05	8.74	0.00		0.00
K2O			8.91	8.73	8.96	9.12	0.05	0.07	0.07	0.12	0.00	0.00	0.05
H2O*			3.97	4.03	4.01	4.01							11.59
Total	101.56	100.38	97.55	98.77	98.56	97.72	100.94	100.92	100.75	100.30	54.08	98.90	98.72
FORMULE STRUCTURALE													
Si	2.99	3.02	5.58	5.51	5.47	5.57	2.77	2.81	2.79	2.81	0.00		5.43
Al iv	0.01	0.00	2.42	2.49	2.53	2.43							2.57
Al vi	2.00	2.00	0.61	0.59	0.63	0.70							2.92
Al total	2.01	2.00	3.03	3.08	3.16	3.13	1.23	1.19	1.22	1.20	0.00	0.00	5.49
Ti	0.00	0.00	0.25	0.24	0.22	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.01
Fe			2.25	2.25	2.25	2.10					0.27	0.96	3.69
Fe3+	0.00	0.00					0.00	0.00	0.00	0.00			0.19
Fe2+	1.82	1.89											3.50
Mn	0.26	0.12	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.01
Mg	0.23	0.28	2.33	2.43	2.47	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.01	5.10
Ca	0.68	0.68	0.00	0.01	0.00	0.01	0.22	0.20	0.21	0.20	1.03		0.00
Na			0.04	0.05	0.04	0.04	0.76	0.80	0.77	0.74	0.00		0.00
K			1.71	1.66	1.71	1.74	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00		0.03
OH*			4.00	4.00	4.00	4.00							16.00
Total	8.00	7.99	19.86	19.88	19.89	19.84	4.99	5.00	4.99	4.96	2.00	5.99	35.76
Nbre d'Ox (Si)	12	12	22	22	22	22	8	8	8	8	6	6	28
Mg/(Mg+Fe2+)	0.11	0.13	0.51	0.52	0.52	0.52					0.71		0.59
Ab							77.1	79.9	78.3	78.1			
An							22.7	19.7	21.3	21.2			
Or							0.3	0.4	0.4	0.7			
Almandine	60.7	63.5											
Andradite	0.0	0.0											
Grossular	22.8	22.9											
Pyrope	7.7	9.6											
Spessartine	8.8	4.0											
% ilm												95.71	
% ilm/(Ilm+hem)												99.62	

ANNEXE 3 - ENSEMBLE DES AMPHIBOLITES ET ROCHES ASSOCIEES

Compositions chimiques en roche totale															
Type	Amphibolites à grenat								Amphibolites à épidote						
Ech.	BB1	MK5	PK18	BOG3	NB4	NB5A	NB5B	NS5	BOG4	MK4	NB10	PK22	MK6	8.17	PK15
SiO2	52.39	48.10	50.43	48.14	48.03	50.55	47.89	48.00	49.85	48.20	47.65	49.84	47.08	58.48	63.59
Al2O3	17.78	14.27	13.65	13.82	13.07	13.51	13.47	14.03	16.63	7.23	10.68	15.12	14.92	15.19	14.86
$Fe2O3_{tot}$	10.88	13.26	14.56	11.83	12.66	11.60	13.07	14.04	11.00	13.90	14.36	12.37	13.47	8.12	5.01
MnO	0.19	0.20	0.22	0.19	0.19	0.19	0.20	0.24	0.15	0.32	0.23	0.16	0.21	0.12	0.08
MgO	4.87	7.59	6.81	7.75	10.74	8.54	7.76	6.75	5.48	11.76	11.60	5.62	7.80	3.91	3.61
CaO	9.82	11.26	10.76	13.64	11.37	10.96	12.30	14.19	11.94	12.82	11.76	11.62	8.66	6.18	4.72
Na2O	2.44	2.04	1.64	2.40	1.33	1.47	1.43	0.59	2.48	1.24	1.56	2.44	3.61	3.36	5.01
K2O	0.42	0.59	0.28	0.36	0.45	0.49	0.35	0.36	0.22	0.27	0.17	0.21	0.74	1.99	1.14
TiO2	0.66	1.31	1.13	1.26	0.91	1.09	1.18	1.68	1.06	1.06	0.79	0.94	2.11	1.16	0.76
P2O5	0.11	0.12	0.10	0.13	0.07	0.12	0.11	0.16	0.08	0.13	0.07	0.08	0.22	0.37	0.32
PF	0.59	0.82	0.66	0.49	1.38	1.30	1.68	0.32	1.04	1.90	1.02	0.89	1.01	1.09	0.62
Total	100.14	99.56	100.25	100.02	100.19	99.81	99.44	100.34	99.92	98.81	99.88	99.25	99.84	99.95	99.72
Ba	85	71	74	54	22.53	39.09	31.17	16.25	35	8	20	19.29	106	688	416
Co	30	44	51	48	58.61	42.7	51.32	61.77	40	59	73	43.73	48	26	19
Cr	42	121	160	317	882	332	233	198	284	1603	1042	359.7	185	61	128
Cu	36	35	104	102	21.7	26	20.77	25.39	40	45	39	100.2	80	9	9
Ga	18	19	20	15	17.47	19.66	17.58	21.52	17	12	15	15.64	20	22	22
Hf	0.5	3.4	1.8	1.8	1.38	2.65	1.78	2.51	1.6	1.7	1.0	1.485	3.3	6.5	6
Nb	0.6	4.6	2.2	5.0	2.91	5.32	2.21	1.83	1.3	3.8	1.1	0.944	3.7	11.0	7
Ni	26	56	119	124	376	168	115	98.62	83	366	201	117.3	88	36	62
Rb	5	7	2	6	5.72	8.30	5.94	1.85	5	1	2	6.061	9	67	39
Sr	271	63	151	118	60.36	122	89.25	115	86	71	74	57.09	112	522	339
Th	0.2	0.8	0.5	0.4	0.24	2.46	0.23	0.14	0.1	0.5	0.0	0.071	0.9	1.4	23
U	-	0.4	0.2	0.1	0.07	0.62	0.13	0.19	-	0.6	0.0	-	0.3	0.7	4
V	284	349	312	290	256	242	294	395	270	206	272	281.2	325	177	87
Y	11	38	27	37	24.1	30.16	31.98	37.07	24	19	19	24.86	33	26	23
Zn	99	115	115	96	128	113	118	131	74	115	112	94.37	122	97	68
Zr	13	132	60	68	47.84	91.26	60.69	93.08	58	62	27	51.85	124	252	220
La	2.07	22.05	5.29	11.77	2.61	9.68	2.65	5.15	2.33	5.90	2.79	5.02	8.98	22.26	66.92

Ce	5.02	20.98	9.99	12.40	6.53	22.91	7.52	12.29	6.19	13.33	6.48	6.534	21.86	47.43	129
Pr	0.79	5.95	1.74	3.38	1.02	2.81	1.30	2.12	1.17	1.99	0.99	1.76	3.20	6.05	14.68
Nd	4.09	23.26	8.67	16.02	5.61	12.30	7.44	11.10	6.51	9.58	5.31	8.533	15.80	25.16	54.04
Sm	1.32	5.56	2.71	4.27	2.05	3.52	2.90	3.84	2.33	2.77	1.84	2.688	4.55	5.84	9.41
Eu	0.63	1.56	0.96	1.41	0.65	1.13	1.10	1.50	0.94	1.00	0.74	0.993	1.62	1.59	2.03
Gd	1.56	5.57	3.62	5.38	2.89	4.19	4.01	5.04	3.23	3.11	2.52	3.496	5.49	4.25	6.81
Tb	0.27	1.01	0.66	0.91	0.55	0.75	0.75	0.91	0.60	0.55	0.46	0.622	0.92	0.73	0.89
Dy	1.82	6.60	4.50	5.81	3.74	4.94	5.19	5.94	3.89	3.53	3.03	4.174	5.85	4.38	4.54
Ho	0.39	1.36	0.94	1.24	0.83	1.06	1.12	1.27	0.85	0.71	0.63	0.872	1.20	0.91	0.77
Er	1.15	4.01	2.71	3.56	2.49	3.09	3.23	3.68	2.45	1.93	1.80	2.494	3.40	2.36	2.09
Tm	0.17	0.60	0.42	0.52	0.39	0.48	0.49	0.55	0.36	0.28	0.27	0.373	0.50	0.34	0.29
Yb	1.21	4.04	2.76	3.30	2.59	3.16	3.34	3.66	2.49	1.77	1.74	2.529	3.39	2.22	1.86
Lu	0.19	0.64	0.42	0.51	0.42	0.51	0.52	0.57	0.39	0.26	0.26	0.39	0.51	0.34	0.26

Type	Gneiss		Biotitite		Epidotite	Trémolitite	Hornblendite		Pyroxénites à hornblende (Mamb)					
	à bt	à hbl	à calc	à grt	à act-bt	à anth	à ep							
Ech.	MK7	NS2	BOU1	MK2	BOU2	BOG6	8.08	PK03	MA1	MA8	MA11	MA13	MA26	MA28
SiO2	70.71	62.66	48.54	51.09	51.13	48.13	40.72	57.30	49.67	49.9	49.73	47.95	48.65	49.33
Al2O3	14.60	16.09	14.00	13.48	16.20	5.18	13.21	4.26	5.45	5.9	5.41	7.02	6.2	6.05
$Fe2O3_{tot}$	2.47	5.43	10.29	13.24	6.03	9.26	16.02	8.06	13.53	12.01	12.48	12.7	13.96	12.3
MnO	0.03	0.11	0.17	0.23	0.16	0.14	0.21	0.21	0.2	0.2	0.21	0.2	0.22	0.2
MgO	1.08	2.65	6.32	4.75	4.39	25.73	11.08	17.42	20.47	19.63	19.69	16	15.84	19.25
CaO	3.17	5.43	8.49	7.07	16.13	5.12	9.71	10.23	8.66	9.82	10.98	12.18	12.44	10
Na2O	5.20	5.34	1.02	0.81	1.14	0.09	2.00	0.45	0.68	0.86	0.76	1.12	0.96	0.93
K2O	0.97	0.20	4.77	3.24	0.34	0.00	1.73	0.00	0.12	0.36	0.28	0.46	0.3	0.31
TiO2	0.45	0.73	0.79	2.93	0.36	0.50	2.65	0.12	0.83	0.75	0.8	1.17	0.86	0.84
P2O5	0.14	0.22	1.96	0.44	0.38	0.04	0.26	0.00	0.06	0.19	0.1	0.08	0.16	0.15
PF	0.39	0.74	3.71	1.63	2.74	4.59	1.77	2.21	0.47	0.68	0.56	0.58	0.74	0.84
Total	99.19	99.59	100.06	98.93	98.99	98.76	99.36	100.26	100.14	100.31	101.00	99.45	100.33	100.31
Ba	652	92	462	767	32	7.71	1082	19.65	99	198	101	206	111	149
Co	7	19	34	37.81	14	97.09	48	73.35	116	105	80	84	62	80
Cr	24	61	150	37.13	123	2521	96	5158	1503	2260	1672	1107	1248	2083
Cu	9	52	62	34.87	-	34.90	37	35.81	135	140	101	79	111	123
Ga	21	21	24	22.73	43	6.50	29	8.35	11	13	11	16	15	13
Hf	5	4	2.0	5.34	1.8	0.98	11.7	0.42	1.4	1.9	1.5	2.2	1.9	1.9
Nb	2	5	13.1	13.75	18.6	2.08	7.6	0.52	1.5	2.4	1.5	2.0	1.5	2.5
Ni	13	43	74	29.71	50	1149	62	719	433	543	316	189	196	454
Rb	27	1	225	143	15	-	40	2.56	3	4	4	8	5	5
Sr	971	555	115	134	287	5.04	348	19.02	112	150	121	181	189	176
Th	7	6	57.0	5.40	4.9	0.28	0.7	0.09	0.4	0.6	0.4	0.7	0.5	0.5
U	1	1	4.3	1.37	3.3	0.07	0.2	0.05	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
V	50	101	141	315	146	69.13	484	85.13	259	218	270	328	258	229
Y	9	13	67	39.71	34	11.62	43	9.21	11	15	14	19	18	13
Zn	44	70	82	241	38	88.26	222	116	127	139	108	140	187	137
Zr	174	177	74	211	52	31.33	518	15.86	38	49	38	59	56	58
La	74.46	41.02	239.60	26.68	19.90	2.52	19.55	10.42	5.30	13.90	6.07	8.70	7.88	9.68
Ce	136	76.48	311.10	56.48	39.92	6.32	65.74	18.66	16.00	37.70	17.70	26.70	24.82	27.66

Pr	14.16	8.38	23.57	6.84	4.46	1.01	11.45	2.63	2.60	5.83	2.98	4.52	4.11	4.22
Nd	50.09	30.85	67.47	28.26	16.25	4.81	59.57	9.11	13.10	26.90	14.90	22.90	21.14	19.86
Sm	7.02	4.89	9.96	6.59	3.36	1.42	15.83	1.75	3.48	6.10	4.06	6.15	5.77	4.68
Eu	1.95	1.52	2.29	1.97	1.07	0.30	3.68	0.39	0.93	1.50	1.09	1.60	1.48	1.18
Gd	4.50	3.54	9.35	7.17	3.22	1.65	10.08	1.46	3.14	4.69	3.67	5.24	4.93	3.74
Tb	0.48	0.47	1.49	1.17	0.58	0.30	1.62	0.25	0.44	0.63	0.53	0.73	0.68	0.50
Dy	2.15	2.43	9.06	7.05	4.14	1.92	8.83	1.57	2.43	3.32	2.96	3.96	3.72	2.67
Ho	0.33	0.44	1.99	1.38	0.96	0.39	1.60	0.31	0.44	0.56	0.53	0.71	0.65	0.46
Er	0.77	1.21	6.25	3.80	3.45	1.09	3.93	0.95	1.13	1.43	1.38	1.83	1.75	1.16
Tm	0.11	0.17	0.98	0.56	0.66	0.16	0.54	0.16	0.15	0.20	0.19	0.25	0.23	0.16
Yb	0.65	1.14	6.86	3.74	5.52	1.04	3.43	1.18	0.96	1.21	1.24	1.58	1.47	1.01
Lu	0.10	0.17	1.07	0.58	1.00	0.15	0.50	0.18	0.14	0.18	0.18	0.22	0.22	0.15

Type	Metagabbros à grenat												Biotitites à amph-grt			Hornblendites à biotite				
Ech.	Bo09	Bo16	Bo11	Bo12	B3	BC4	BC6	BC7	Bo14	Bo01	Bo02	Bo08	M003	M004	MA23	M002	M017	MA22	BC1	BC2
SiO2	43.82	44.62	45.58	47.42	49.68	46.05	47.17	47.00	46.23	46.27	46.67	48.49	41.57	38.79	37.92	38.33	39.89	41.22	41.58	42.64
Al2O3	17.27	18.15	21.27	21.45	23.39	19.86	22.11	19.70	22.28	20.31	20.35	20.72	19.44	18.70	16.23	14.46	13.73	15.94	14.75	17.67
Fe2O3tot.	13.22	11.79	10.47	9.87	5.97	11.98	9.70	12.04	10.38	10.97	10.72	9.91	16.12	18.01	18.74	16.65	16.65	13.98	14.72	12.40
MnO	0.14	0.13	0.06	0.07	0.02	0.11	0.06	0.10	0.08	0.07	0.04	0.11	0.21	0.26	0.07	0.15	0.20	0.11	0.18	0.12
MgO	7.68	7.05	3.57	2.93	3.03	3.61	3.02	3.78	3.12	3.46	4.14	3.38	5.87	6.51	9.35	8.32	10.20	8.36	9.63	5.93
CaO	9.21	9.64	10.12	9.38	7.78	9.10	7.77	9.66	7.86	9.24	7.34	7.46	5.74	6.07	2.76	11.54	10.43	9.92	9.81	10.24
Na2O	2.89	3.05	3.90	4.12	4.71	3.82	3.72	3.77	3.88	4.33	3.67	3.88	2.18	1.74	0.53	2.16	2.08	1.12	2.48	3.19
K2O	1.61	1.48	0.92	1.08	2.12	1.63	2.31	1.06	2.11	1.25	2.85	2.29	3.85	4.18	7.81	1.07	1.41	3.44	1.35	1.28
TiO2	1.95	2.04	2.07	1.51	1.61	1.85	1.54	1.96	1.54	1.77	2.07	1.54	2.85	3.18	2.86	4.71	3.23	2.40	2.78	3.66
P2O5	0.44	0.51	0.86	0.74	0.62	1.09	0.90	0.92	0.91	0.81	0.86	0.67	1.17	1.49	1.48	1.63	0.68	1.11	0.32	1.19
PF						0.63	1.31	0.78					1.91	1.84	1.44	1.21	1.57	1.80	1.38	1.23
Total	98.23	98.46	98.82	98.57	98.93	99.73	99.61	100.77	98.39	98.48	98.71	98.45	100.91	100.77	99.17	100.23	100.07	99.41	98.97	99.56
Ba						934	2448	565							2133			892	741	519
Co						21.04	16.01	22.49							51.43			47.22	49.29	39.27
Cr						13.67	17.28	16.73							414			487	58.37	14.62
Cs						7.65	2.40	1.60							37.71			15.19	0.59	13.20
Cu						18.75	7.49	14.86							51.74			45.83	38.79	37.61
Ga						36.12	32.45	32.27							39.57			30.98	30.01	30.12
Hf						2.99	8.71	2.78							5.04			7.46	8.47	3.86
Nb						6.58	3.42	7.03							6.65			8.54	7.97	12.53
Ni						8.48	10.35	9.19							126			135	36.17	19.49
Rb						70.58	90.19	25.83							430			180	24.94	47.56
Sr						1244	1471	1193							128			341	568	1416
Th						1.12	1.08	1.00							7.72			1.86	0.50	1.01
U						0.74	0.48	0.67							7.37			1.48	0.18	0.45
V						211	117	225							456			297	463	440
Y						24.94	8.48	23.78							25.06			29.36	40.18	29.79
Zn						171	127	152							365			295	196	150
Zr						123	474	93.11							232			354	420	141
La						35.11	24.92	26.82							53.66			53.89	19.88	35.00
Ce						86.86	52.30	71.60							126			131	66.36	92.63
Pr						12.15	6.56	10.65							16.59			18.07	11.46	13.38
Nd						53.57	26.30	47.84							68.47			79.95	57.88	61.44

Sm						10.74	4.38	10.56							14.66			15.18	14.65	12.37
Eu						2.94	1.66	2.78							2.95			4.00	3.55	3.14
Gd						7.94	2.96	7.60							10.75			10.80	11.73	9.32
Tb						1.02	0.35	0.99							1.38			1.30	1.56	1.20
Dy						5.23	1.70	5.14							6.27			6.32	7.96	5.95
Ho						0.91	0.30	0.88							0.91			1.02	1.40	1.01
Er						2.27	0.76	2.23							1.95			2.63	3.77	2.63
Tm						0.32	0.11	0.29							0.20			0.34	0.49	0.34
Yb						1.93	0.71	1.73							1.06			2.07	3.07	2.11
Lu						0.28	0.11	0.25							0.14			0.31	0.45	0.31

Type	Veines quartzofeldspathiques									Pyriclasites de Yaoundé		
Ech.	BC5	Bo10	Bo05	Bo07	Bo13	Bo18	Bo06	MA20a	MA20b	1	2	3
SiO2	68.77	59.38	60.47	68.84	71.65	73.09	73.83	75.02	75.25	60.48	59.53	63.68
Al2O3	19.48	18.40	17.76	16.42	11.39	14.67	15.50	15.48	15.60	14.99	14.79	15.33
Fe2O3tot.	0.16	6.63	6.09	2.38	7.27	1.36	0.48	0.25	0.13	7.87	7.75	5.76
MnO	0.00	0.11	0.05	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.09
MgO	0.02	1.88	1.93	0.90	1.92	0.22	0.12	0.08	0.02	4.86	5.51	3.68
CaO	5.30	5.14	5.27	4.20	3.01	2.40	3.99	4.03	4.14	5.50	5.37	4.47
Na2O	5.84	4.61	4.37	4.90	1.85	3.41	5.13	5.05	5.07	2.32	2.45	3.04
K2O	0.20	1.65	1.58	0.91	0.71	3.58	0.24	0.13	0.11	2.64	2.64	2.70
TiO2	0.01	0.94	1.04	0.40	0.97	0.09	0.03	0.03	0.01	1.06	1.07	0.95
P2O5	-	0.48	0.52	0.28	0.17	0.07	0.13	0.04	0.05	0.27	0.27	0.23
PF	0.12							0.26	0.41	0.48	0.57	0.70
Total	99.90	99.22	99.08	99.23	99.05	98.89	99.45	100.36	100.78	100.61	100.09	100.62
Ba	148							233	185	910	1025	894
Co	0.36							0.46	0.28	24.39	26.26	18.25
Cr	6.36							-	-	253	283	171
Cs	0.16							0.19	-	1.35	2.55	2.86
Cu	-							4.03	-	21.81	23.97	30.36
Ga	23.41							20.44	18.79	22.04	21.34	23.34
Hf	1.52							0.35	0.33	6.47	5.81	6.38
Nb	-							0.20	0.08	10.78	9.41	9.91
Ni	4.02							-	-	130	96.85	79.23
Rb	1.00							2.35	0.89	72.36	86.96	92.99
Sr	1332							885	912	399	428	411
Th	1.07							1.38	1.16	4.16	6.08	11.34
U	0.88							0.53	0.47	0.68	1.31	1.16
V	-							3.48	-	147	148	99.98
Y	0.84							0.70	0.69	22.65	19.92	16.26
Zn	-							-	-	102	108	95.39
Zr	32.92							9.14	8.78	260	227	243
La	1.93							2.57	2.19	35.69	34.55	41.54
Ce	4.61							5.65	4.83	72.47	72.30	84.98
Pr	0.57							0.69	0.60	8.54	8.46	9.80

Nd	2.32							2.57	2.29	34.16	32.75	36.90
Sm	0.53							0.61	0.57	6.78	6.36	6.52
Eu	0.13							0.13	0.12	1.59	1.53	1.49
Gd	0.45							0.41	0.40	5.47	4.93	4.58
Tb	0.06							0.05	0.05	0.78	0.68	0.63
Dy	0.26							0.23	0.21	4.38	3.81	3.25
Ho	0.04							0.03	0.03	0.81	0.68	0.56
Er	0.12							0.06	0.05	2.19	1.86	1.53
Tm	0.02							0.01	0.01	0.32	0.27	0.21
Yb	0.09							0.03	0.03	2.09	1.75	1.36
Lu	0.02							0.01	-	0.32	0.27	0.21

Composition chimique des minéraux

échantillon	Amphibolite à grenat - BB1														
minéral	Grt		Hbl					Pl			Ep				Chl
N° sonde	69	170	70	71	166	168	172	67	167	174	68	164	171	173	169
	1a	2a	1a	1a	2d	2b	2a	1a	2d	2a	1a	2c	2a	2a	2b
SiO2	38.51	38.45	40.81	41.73	42.73	42.79	41.68	60.67	59.07	57.89	37.99	36.88	37.98	37.91	26.70
TiO2	0.02	0.00	0.78	0.89	0.78	0.59	0.75	0.01	0.02	0.02	0.21	0.16	0.19	0.19	20.02
Al2O3	21.54	21.47	16.85	16.26	15.67	16.48	16.12	23.57	26.03	25.88	27.10	27.08	26.57	27.05	0.14
FeOtot.	25.92	26.23	14.99	13.72	14.14	13.68	14.92	0.21	0.04	0.00	7.53	6.18	7.61	7.03	22.44
Fe2O3recalc.								0.23	0.04	0.00					
MnO	1.42	1.42	0.18	0.00	0.11	0.12	0.09	0.01	0.09	0.03	0.19	0.00	0.00	0.12	0.38
MgO	5.15	4.77	8.95	10.10	10.33	10.17	9.79	0.04	0.00	0.00	0.13	0.04	0.12	0.17	16.11
CaO	7.88	8.02	11.07	11.11	11.65	11.51	11.51	5.53	7.86	7.79	23.47	23.05	23.08	23.53	0.22
Na2O	0.00	0.02	1.57	1.69	1.44	1.46	1.41	8.11	7.02	7.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03
K2O	0.01	0.00	0.55	0.73	0.57	0.67	0.60	0.07	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03
H2O*			2.01	2.03	2.06	2.06	2.04								
Total	100.44	100.38	97.78	98.26	99.48	99.52	98.92	98.45	100.18	98.77	96.63	93.39	95.55	96.01	86.08
FORMULE STRUCTURALE															
Si	3.00	3.00	6.08	6.16	6.23	6.22	6.13	2.739	2.632	2.618	3.05	3.04	3.08	3.05	5.65
Al iv	0.00	0.00	1.92	1.84	1.77	1.78	1.87				0.00	0.00	0.00	0.00	2.35
Al vi	1.97	1.97	1.04	0.98	0.93	1.05	0.92				2.56	2.63	2.53	2.56	2.63
Al total	1.98	1.98	2.96	2.83	2.69	2.82	2.79	1.254	1.367	1.379	2.56	2.63	2.53	2.56	
Ti	0.00	0.00	0.09	0.10	0.09	0.06	0.08	0.000	0.001	0.001	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Fe															3.97
Fe3+	0.02	0.02	0.62	0.52	0.51	0.47	0.64	0.008	0.001	0.000	0.44	0.37	0.47	0.44	
Fe2+	1.66	1.69	1.25	1.17	1.21	1.19	1.20				0.06	0.05	0.04	0.03	
Mn	0.09	0.09	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.000	0.003	0.001	0.01	0.00	0.00	0.01	0.07
Mg	0.60	0.55	1.99	2.22	2.25	2.20	2.15	0.003	0.000	0.000	0.02	0.00	0.01	0.02	5.08
Ca	0.66	0.67	1.77	1.76	1.82	1.79	1.81	0.268	0.375	0.377	2.02	2.04	2.00	2.03	0.05
Na			0.45	0.48	0.41	0.41	0.40	0.710	0.606	0.626	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
K			0.10	0.14	0.11	0.12	0.11	0.004	0.001	0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
OH*			2.00	2.00	2.00	2.00	2.00								
TOTAL	8.01	8.00	17.32	17.37	17.33	17.33	17.33	4.99	4.99	5.00	8.16	8.14	8.15	8.16	19.84
Nbre d'Ox (Si)	12	12	23	23	23	23	23	8	8	8	12.50	12.50	12.50	12.50	36
Fe/Fe+Mg															0.44

Mg/(Mg+Fe2+)	0.26	0.25	0.61	0.66	0.65	0.65	0.64								
Ab								72.3	61.7	62.3					
An								27.3	38.2	37.6					
Or								0.4	0.1	0.1					
Almandin	55.03	55.96													
Andradite	1.20	1.13													
Grossulaire	20.72	21.24													
Pyrope	19.93	18.53													
Spessartine	3.11	3.14													
Pistachite (%)											14.79	12.50	15.63	14.61	

échantillon	Amphibolite à grenat et clinopyroxène - BOG3-2																
minéral	Cpx			Hbl									Grt				
N° sonde	32	49	54	26	29	37	46	47	53	56	61	63	27	36	41	62	65
	1c	2a	3a	1b	1a	1d	2c	2d	3a	3b	3c	3d	1b	1d	2b	3c	3d
SiO2	52.94	53.38	53.66	44.64	44.55	44.65	44.58	43.63	46.33	44.33	44.06	43.94	39.06	38.75	38.47	38.84	38.59
TiO2	0.16	0.15	0.06	0.66	0.76	0.48	0.39	0.53	0.40	0.70	1.01	0.87	0.00	0.03	0.07	0.00	0.02
Al2O3	2.70	1.67	1.78	13.09	13.72	13.05	12.91	13.28	11.42	13.13	13.74	13.68	21.66	21.66	21.69	21.83	21.92
FeOtot.	8.59	8.63	8.31	12.74	13.74	13.42	13.51	14.15	13.00	14.45	13.82	13.58	23.19	22.87	22.61	22.13	21.89
Fe2O3recalc.				2.24	0.89	2.40	2.21	1.86	2.03	1.03	1.18	2.40	0.23	0.40	0.31	0.26	0.41
MnO	0.10	0.12	0.08	0.24	0.07	0.28	0.31	0.18	0.09	0.20	0.08	0.21	1.45	1.62	1.68	1.23	1.25
MgO	12.26	12.45	12.64	10.63	10.53	10.35	10.23	9.53	11.36	10.07	10.05	9.93	3.22	2.93	2.50	2.67	2.91
CaO	23.75	23.55	23.91	11.75	11.80	11.91	11.89	11.61	11.89	11.79	11.67	11.77	12.57	13.12	13.71	14.46	14.45
Na2O	0.82	0.77	0.65	1.85	1.99	1.74	1.64	1.74	1.70	1.94	1.86	1.76					
K2O	0.05	0.05	0.00	0.54	0.75	0.76	0.69	0.67	0.54	0.72	0.68	0.70					
Cl				0.06	0.03	0.04	0.03	0.08	0.01	0.05	0.05	0.04					
H2O*				2.04	2.05	2.05	2.04	1.99	2.06	2.03	2.03	2.04					
Total	101.4	100.8	101.1	100.5	100.9	101.1	100.4	99.24	100.8	100.4	100.2	100.9	101.4	101.4	101	101.4	101.4
FORMULE STRUCTURALE																	
Si	1.95	1.98	1.98	6.53	6.49	6.51	6.54	6.50	6.73	6.51	6.47	6.42	3.01	2.99	2.99	2.99	2.97
Al iv				1.47	1.51	1.49	1.46	1.50	1.27	1.49	1.53	1.58	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03
Al vi				0.78	0.84	0.76	0.77	0.83	0.68	0.79	0.84	0.78	1.97	1.97	1.98	1.98	1.97
Al total	0.12	0.07	0.08										1.97	1.98	1.99	1.98	1.99
Ti	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.05	0.04	0.06	0.04	0.08	0.11	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.26	0.27	0.26														
Fe3+				0.25	0.10	0.26	0.24	0.21	0.22	0.11	0.13	0.26	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02
Fe2+				1.56	1.67	1.64	1.66	1.76	1.58	1.78	1.70	1.66	1.50	1.48	1.47	1.43	1.41
Mn	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.04	0.02	0.01	0.03	0.01	0.03	0.09	0.11	0.11	0.08	0.08
Mg	0.67	0.69	0.69	2.32	2.29	2.25	2.24	2.12	2.46	2.21	2.20	2.16	0.37	0.34	0.29	0.31	0.33
Ca	0.94	0.94	0.94	1.84	1.84	1.86	1.87	1.85	1.85	1.86	1.84	1.84	1.04	1.09	1.14	1.19	1.19
Na	0.06	0.06	0.05	0.52	0.56	0.49	0.47	0.50	0.48	0.55	0.53	0.50					
K	0.00	0.00	0.00	0.10	0.14	0.14	0.13	0.13	0.10	0.13	0.13	0.13					
Cl				0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01					
OH*				1.99	1.99	1.99	1.99	1.98	2.00	1.99	1.99	1.99					
Total	4.01	4.01	4.00	17.46	17.53	17.49	17.45	17.48	17.42	17.53	17.48	17.46	9.96	9.98	9.99	9.99	10.00
Nbre d'Ox (Si)	6	6	6	23	23	23	23	23	23	23	23	23	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.42	0.42	0.42	0.60	0.58	0.58	0.57	0.55	0.61	0.55	0.56	0.57	0.20	0.19	0.16	0.18	0.19
Almandin													49.5	48.9	48.4	47.2	45.9

Andradite													0.7	1.2	0.9	0.8	1.2
Grossulaire													34.0	35.0	37.3	38.9	38.7
Pyrope													12.4	11.3	9.7	10.2	11.2
Spessartine													3.2	3.5	3.7	2.7	2.7
En %	37.5	39.1	39.3														
Fs %	0.2	0.2	0.1														
Wo %	48.7	51.9	51.6														
Jd %	6.5	6.3	5.3														
Ca-Tsch %	6.5	2.0	3.5														
Ti-Tsch %	0.5	0.5	0.2														

échantillon	Amphibolite à grenat et clinopyroxène - BOG3-2														
minéral	Pl					Ep									
N° sonde	30	38	48	52	57	28	31	33	34	35	42	44	45	50	51
	1a	2d	2d	3a	3c	1b	1a	1d-bord	1d-cœur	1d-bord	2b	2c-cœur	2c-bord	2a-cœur	2a-bord
SiO2	60.75	63.10	62.31	59.90	61.42	39.22	40.79	39.79	39.52	39.55	39.06	39.34	39.08	39.50	38.10
TiO2	0.08	0.00	0.02	0.04	0.00	0.27	0.32	0.17	0.30	0.35	0.29	0.24	0.20	0.35	0.20
Al2O3	24.69	24.61	23.98	26.23	24.78	29.67	30.73	30.07	30.27	29.78	29.50	30.02	29.70	29.73	27.47
FeOtot.						5.08	4.58	4.54	4.06	4.95	4.82	4.44	5.04	4.60	5.88
Fe2O3recalc.	0.03	0.01	0.02	0.04	0.03										
MnO	0.06	0.00	0.03	0.04	0.00	0.27	0.10	0.00	0.09	0.00	0.09	0.01	0.00	0.00	0.01
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.09	0.11	0.10	0.07	0.13	0.07	0.07	0.05	0.19
CaO	6.21	5.24	5.36	7.49	5.84	24.20	24.04	24.24	24.51	24.42	24.29	24.35	24.64	24.54	23.08
Na2O	8.39	8.75	9.00	7.78	8.71	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.03	0.02	0.00	0.04	0.00
K2O	0.11	0.08	0.08	0.05	0.11	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01
Cl						0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Total	100.3	101.8	100.8	101.6	100.9	98.78	100.66	98.96	98.85	99.15	98.24	98.49	98.72	98.83	94.95
FORMULE STRUCTURALE															
Si	2.70	2.75	2.74	2.63	2.71	3.03	3.07	3.05	3.04	3.04	3.03	3.04	3.02	3.04	3.07
Al iv						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al vi						2.70	2.72	2.72	2.73	2.69	2.70	2.73	2.70	2.69	2.61
Al total	1.29	1.26	1.25	1.36	1.29	2.70	2.72	2.72	2.73	2.69	2.70	2.73	2.70	2.69	2.61
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
Fe															
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.28	0.28	0.26	0.31	0.30	0.27	0.30	0.30	0.39
Fe2+						0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Ca	0.30	0.24	0.25	0.35	0.28	2.00	1.94	1.99	2.02	2.01	2.02	2.01	2.04	2.03	2.00
Na	0.72	0.74	0.77	0.66	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
K	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	5.02	4.99	5.02	5.02	5.02	8.10	8.05	8.08	8.08	8.10	8.11	8.09	8.11	8.09	8.11
Nbre d'Ox (Si)	8	8	8	8	8	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
Ab	70.5	74.8	74.9	65.1	72.6										
An	28.8	24.8	24.7	34.6	26.9										
Or	0.6	0.5	0.4	0.3	0.6										
Pistachite (%)						10.03	9.29	9.47	8.69	10.22	10.15	9.13	9.88	9.88	13.07

échantillon	Amphibolite à épidote - BOG4																							
minéral	Hbl							Pl					Ep											Sph
N° sonde	7	8	10	14	16	20	22	2	12	13	17	21	1	4	5	6	9	11	15	18	19	23	24	25
	1a	1a	1a	2a(coe)	2a(brd)	2a	2b	1c	1b	1b	2a	2b	1c	1c (coe)	1c (brd)	1c(int)	1a	1a	2a	2a(coe)	2a(brd)	2b(brd)	2b(coe)	2b
SiO2	44.21	44.53	44.23	44.35	43.71	42.66	44.07	66.07	63.07	63.38	64.49	63.95	38.83	38.95	39.18	38.57	39.03	39.08	38.68	38.00	38.72	38.73	38.16	30.37
TiO2	0.63	0.52	0.36	0.82	0.35	0.41	0.56	0.08	0.03	0.00	0.00	0.03	0.12	0.17	0.20	0.11	0.14	0.24	0.15	0.16	0.11	0.14	0.10	38.79
Al2O3	13.61	13.85	14.12	13.09	13.99	13.39	13.29	22.82	22.97	24.00	23.32	23.27	26.95	27.61	27.77	27.44	28.06	26.92	27.79	27.23	27.90	27.59	27.11	1.06
FeOtot.	12.94	12.00	13.47	11.64	13.24	5.42	11.91						8.53	7.06	6.76	7.17	6.42	8.00	7.40	7.01	7.35	7.47	7.65	0.23
Fe2O3recalc.	2.99	4.22	1.97	4.42	2.68	11.28	3.47	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00												
MnO	0.25	0.24	0.24	0.26	0.22	0.20	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.09	0.07	0.00	0.09	0.10	0.09	0.12	0.10	0.10	0.08	0.00
MgO	9.90	9.88	9.49	10.22	9.84	10.16	10.11	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.08	0.06	0.08	0.04	0.08	0.02	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03
CaO	11.68	11.52	11.78	11.46	11.92	9.34	11.52	3.23	4.48	4.76	4.03	4.47	23.78	23.88	24.04	24.14	24.11	23.89	23.93	23.92	23.58	24.31	23.59	29.07
Na2O	1.72	1.56	1.51	1.57	1.81	1.05	1.47	9.46	9.07	9.04	9.33	9.03	0.04	0.04	0.06	0.10	0.00	0.02	0.01	0.05	0.04	0.01	0.19	0.03
K2O	0.40	0.37	0.37	0.36	0.39	1.29	0.41	0.18	0.08	0.10	0.04	0.06	0.00	0.08	0.05	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
Cl	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.16	0.01						0.00	0.04	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.08	0.00
H2O*	2.04	2.06	2.03	2.04	2.03	1.97	2.03																	
Total	100.38	100.75	99.59	100.27	100.22	97.33	99.02	101.83	99.71	101.41	101.22	100.82	98.38	98.00	98.19	97.94	97.88	98.32	98.08	96.56	97.84	98.41	97.03	99.57
FORMULE STRUCTURALE																								
Si	6.47	6.47	6.51	6.48	6.43	6.37	6.51	2.85	2.80	2.77	2.81	2.80	3.07	3.07	3.07	3.05	3.07	3.08	3.05	3.05	3.06	3.05	3.04	4.00
Al iv	1.53	1.53	1.49	1.52	1.57	1.63	1.49						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Al vi	0.82	0.85	0.96	0.74	0.85	0.72	0.83						2.51	2.56	2.56	2.56	2.59	2.50	2.58	2.57	2.59	2.55	2.44	
Al total	2.35	2.37	2.45	2.26	2.42	2.36	2.31	1.16	1.20	1.23	1.20	1.20	2.51	2.56	2.56	2.56	2.59	2.50	2.58	2.57	2.59	2.55	2.44	0.16
Ti	0.07	0.06	0.04	0.09	0.04	0.05	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	3.83
Fe																								
Fe3+	0.33	0.46	0.22	0.49	0.30	1.27	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.44	0.44	0.44	0.41	0.50	0.42	0.43	0.41	0.45	0.56	0.00
Fe2+	1.59	1.46	1.66	1.42	1.63	0.68	1.47						0.07	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.06	0.04	0.07	0.04	0.08	0.02
Mn	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00
Mg	2.16	2.14	2.08	2.23	2.16	2.26	2.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	1.83	1.79	1.86	1.79	1.88	1.49	1.82	0.15	0.21	0.22	0.19	0.21	2.01	2.02	2.02	2.05	2.03	2.02	2.02	2.05	1.99	2.05	2.05	4.10
Na	0.49	0.44	0.43	0.44	0.51	0.30	0.42	0.79	0.78	0.77	0.79	0.77	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
K	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.25	0.08	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.00																	
OH*	2.00	1.99	1.99	1.99	1.99	1.96	2.00																	
Total	17.40	17.30	17.35	17.30	17.46	17.04	17.32	4.97	4.99	5.00	4.99	4.98	8.17	8.15	8.14	8.18	8.13	8.16	8.15	8.16	8.15	8.17	8.23	12.14
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	23	23	8	8	8	8	8	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	4 Si
Mg/(Mg+Fe2+)	0.58	0.59	0.56	0.61	0.57	0.77	0.60																	
Ab								83.3	78.2	77.0	80.6	78.2												
An								15.7	21.3	22.4	19.2	21.4												
Or								1.0	0.5	0.6	0.2	0.4												
Pistachite (%)													16.47	14.67	14.54	14.81	13.56	16.75	14.08	14.41	13.68	14.84	18.66	

Echantillon	Trémolitite à anthophyllite - BOG6													
Minéraux	Anth					Tr							Ilm	
N° sonde	24	28	30	32	33	26	27	29	31	34	35	36	25	37
	1a	1a	1b	2a-cœur	2a-bord	1a	1a	1b	1b	2a	2a	2b	1a	2c
SiO2	58.83	58.83	58.18	59.34	58.94	57.10	57.18	58.13	56.65	56.27	57.26	55.52		
TiO2	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.06	0.08	0.00	0.07	0.11	0.06	0.09	50.76	51.57
Al2O3	0.16	0.20	0.18	0.32	0.19	1.31	1.35	0.35	1.88	2.62	1.51	2.38	0.00	0.00
FeO	12.28	11.39	12.04	12.02	11.28	1.25	1.07	0.00	0.00	0.00	1.46	0.86	43.25	43.82
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.86	3.12	3.51	4.28	4.92	2.73	3.73	3.92	2.53
MnO	0.20	0.29	0.43	0.26	0.23	0.00	0.10	0.07	0.21	0.00	0.08	0.10	0.60	0.79
MgO	25.80	27.25	26.72	26.22	24.98	21.93	21.67	22.88	22.07	21.27	21.74	21.07	1.00	0.98
CaO	0.44	0.52	0.54	0.55	0.51	12.59	12.34	12.54	12.04	11.89	12.63	12.13		
Na2O	0.06	0.00	0.03	0.07	0.07	0.25	0.25	0.07	0.34	0.49	0.23	0.47		
K2O	0.00	0.02	0.01	0.02	0.09	0.08	0.04	0.00	0.06	0.09	0.09	0.09		
Cr2O3	0.00	0.02	0.04	0.01	0.03	0.18	0.20	0.07	0.33	0.26	0.40	0.20		
H2O*	2.18	2.20	2.18	2.21	2.16	2.18	2.18	2.20	2.19	2.19	2.19	2.16		
Total	99.96	100.71	100.33	101.03	98.48	99.80	99.57	99.80	100.13	100.09	100.38	98.81	99.53	99.69
FORMULE STRUCTURALE														
Si	8.08	8.01	7.99	8.06	8.18	7.84	7.86	7.93	7.74	7.70	7.82	7.71		
Al iv	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.16	0.14	0.06	0.26	0.30	0.18	0.29		
Al vi	0.03	0.03	0.01	0.05	0.03	0.05	0.07	0.00	0.04	0.12	0.07	0.10		
Al total	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03	0.21	0.22	0.06	0.30	0.42	0.24	0.39	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.96	0.98
Fe	1.41	1.30	1.38	1.37	1.31	0.44	0.45	0.36	0.44	0.51	0.45	0.49	0.99	0.97
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.32	0.36	0.44	0.51	0.28	0.39	0.07	0.05
Fe2+	1.41	1.30	1.38	1.37	1.31	0.14	0.12	0.00	0.00	0.00	0.17	0.10	0.91	0.92
Mn	0.02	0.03	0.05	0.03	0.03	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
Mg	5.28	5.53	5.47	5.31	5.17	4.49	4.44	4.65	4.50	4.34	4.43	4.36	0.04	0.04
Ca	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	1.85	1.82	1.83	1.76	1.74	1.85	1.81		
Na	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.07	0.07	0.02	0.09	0.13	0.06	0.13		
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02		
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.04	0.03	0.04	0.02		
OH*	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
Total	16.91	16.98	17.00	16.92	16.82	16.93	16.89	16.87	16.91	16.89	16.93	16.95	2.99	2.97
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	6	6
Mg/(Mg+Fe2)	0.79	0.81	0.80	0.80	0.80	0.97	0.97	1.00	1.00	1.00	0.96	0.98		
% ilm													91.23	92.23
% ilm/(Ilm+hem)													96.08	97.47

échantillon	Biotitite à calcite - BOU1															
minéral	Bt					Ep						Ap				
N° sonde	109	125	128	132	133	123	129	135	140	142	143	116	119	120	126	127
	1a	2d	2d	2f	2e	2c	2f-bord	3a	3a-bord	3b-interm	3b-bord	2a-cœur	2a-bord	2b-cœur	2d-cœur	2d-bord
SiO2	37.06	38.25	37.80	37.42	38.01	39.62	38.75	38.27	38.60	38.38	38.53	0.00	1.71	0.02	0.00	0.03
TiO2	1.37	1.55	1.48	1.21	1.59	0.21	0.15	0.21	0.16	0.25	0.10	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
Al2O3	16.94	16.96	16.78	17.30	17.14	29.00	27.24	26.72	28.95	26.89	28.30	0.04	0.07	0.00	0.00	0.01
FeOtot.	15.77	15.47	14.80	15.44	15.59	5.67	6.64	7.49	5.71	7.17	5.79	0.00	0.16	0.00	0.06	0.08
MnO	0.15	0.25	0.12	0.19	0.29	0.03	0.13	0.13	0.00	0.03	0.10	0.03	0.00	0.05	0.02	0.03
MgO	12.16	12.72	12.50	12.49	12.39	0.00	0.06	0.08	0.00	0.05	0.06	0.01	0.05	0.03	0.00	0.01
CaO	0.08	0.00	0.18	0.00	0.08	24.87	24.12	24.59	24.64	24.16	24.99	56.22	55.34	57.20	56.20	56.79
Na2O	0.05	0.07	0.11	0.08	0.09	0.03	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.04
K2O	9.45	9.62	9.64	9.82	9.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
F												3.18	3.79	3.43	3.07	3.27
Cl												0.01	0.02	0.04	0.03	0.03
H2O*	3.98	4.08	4.01	4.01	4.06											
Total	97.02	98.98	97.41	97.97	98.90	99.44	97.13	97.49	98.07	96.95	97.90	59.52	61.16	60.81	59.39	60.28
FORMULE STRUCTURALE																
Si	5.58	5.61	5.63	5.57	5.59	3.05	3.08	3.05	3.02	3.06	3.03	0.00	0.71	0.01	0.00	0.01
Al iv	2.42	2.39	2.37	2.43	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Al vi	0.59	0.54	0.58	0.61	0.56	2.63	2.54	2.51	2.67	2.53	2.62					
Al total	3.01	2.93	2.95	3.04	2.97	2.63	2.54	2.51	2.67	2.53	2.62	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00
Ti	0.16	0.17	0.17	0.14	0.18	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Fe	1.99	1.90	1.84	1.92	1.92											
Fe3+						0.36	0.44	0.49	0.33	0.47	0.38					
Fe2+						0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.03
Mn	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00
Mg	2.73	2.78	2.78	2.77	2.72	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00
Ca	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	2.05	2.05	2.10	2.07	2.07	2.11	25.94	24.45	25.92	25.97	25.91
Na	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03
K	1.82	1.80	1.83	1.86	1.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
F												4.32	4.94	4.58	4.19	4.39
Cl												0.01	0.01	0.03	0.02	0.02
OH*	4.00	3.99	3.98	3.98	3.98											
Total	19.33	19.22	19.25	19.33	19.24	8.12	8.15	8.18	8.14	8.16	8.16	30.32	30.25	30.59	30.20	30.41
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	22	22	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	26	26	26	26	26
Mg/(Mg+Fe2+)	0.58	0.59	0.60	0.59	0.59											

échantillon	Epidotite à actinote-biotite - BOU2																		
minéral	Bt		Act														Pl		
N° sonde	16	18	3	4	10	11	14	15	17	25	32	33	34	36	38	44	22	23	24
	2a	2b	1a-bord	1a-cœur	1b-bord	1b-cœur	1c-bord	2a	2a	3b	4a	4a	4b	4b	4c	5b	3a-bord	3a-cœur	3a-bord
SiO2	38.17	38.02	54.23	54.34	54.42	54.36	52.80	53.69	53.51	54.49	53.00	53.59	52.10	51.45	53.24	52.66	62.88	62.69	63.50
TiO2	0.94	1.16	0.05	0.02	0.06	0.04	0.12	0.02	0.05	0.07	0.20	0.04	0.11	0.11	0.02	0.10	0.01	0.00	0.00
Al2O3	17.44	17.17	2.86	2.92	2.87	2.55	4.04	3.35	2.88	2.76	3.99	3.40	4.60	4.07	2.68	3.49	23.28	23.30	23.09
FeOtot.	13.05	12.88	8.88	8.61	8.76	8.52	9.09	8.84	8.11	8.60	10.10	9.08	9.82	10.25	9.50	9.72			
Fe2O3recalc.			0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.90	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02
MnO	0.20	0.15	0.34	0.33	0.22	0.40	0.33	0.26	0.37	0.37	0.48	0.33	0.36	0.48	0.32	0.29	0.00	0.00	0.00
MgO	14.09	14.38	17.17	17.09	17.18	17.73	16.56	17.13	17.47	17.66	16.02	16.71	15.85	16.04	16.61	16.76	0.00	0.00	0.06
CaO	0.05	0.02	13.01	13.25	13.01	13.16	13.42	13.24	12.94	13.04	12.89	13.13	13.10	13.22	13.15	13.17	4.55	4.87	4.39
Na2O	0.07	0.06	0.33	0.23	0.32	0.28	0.39	0.35	0.29	0.27	0.56	0.38	0.59	0.50	0.28	0.43	9.18	9.11	9.36
K2O	9.94	9.81	0.14	0.16	0.15	0.08	0.22	0.10	0.14	0.20	0.21	0.21	0.23	0.21	0.08	0.19	0.09	0.07	0.06
F	0.03	0.03																	
Cl	0.00	0.00	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01			
H2O*	4.07	4.06	2.09	2.10	2.10	2.11	2.09	2.10	2.08	2.11	2.09	2.09	2.08	2.06	2.07	2.08			
Total	98.07	97.73	99.13	99.08	99.09	99.66	99.05	99.09	98.78	99.65	99.53	98.99	98.85	98.39	97.94	98.88	100.04	100.03	100.46
FORMULE STRUCTURALE																			
Si	5.60	5.59	7.73	7.74	7.75	7.71	7.57	7.67	7.66	7.72	7.59	7.66	7.51	7.49	7.72	7.59	2.78	2.78	2.80
Al iv	2.40	2.41	0.27	0.26	0.25	0.29	0.43	0.33	0.34	0.28	0.41	0.34	0.49	0.51	0.28	0.41			
Al vi	0.61	0.57	0.21	0.24	0.23	0.14	0.25	0.23	0.15	0.18	0.26	0.24	0.29	0.19	0.17	0.18			
Al total	3.01	2.98	0.48	0.49	0.48	0.43	0.68	0.56	0.49	0.46	0.67	0.57	0.78	0.70	0.46	0.59	1.21	1.22	1.20
Ti	0.10	0.13	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Fe3+			0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Fe2+			1.06	1.03	1.04	1.01	1.09	1.06	0.97	1.02	1.21	1.09	1.18	1.25	1.15	1.17			
Mn	0.03	0.02	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.03	0.05	0.04	0.06	0.04	0.04	0.06	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00
Mg	3.08	3.15	3.65	3.63	3.65	3.75	3.54	3.65	3.73	3.73	3.42	3.56	3.41	3.48	3.59	3.60	0.00	0.00	0.00
Ca	0.01	0.00	1.99	2.02	1.99	2.00	2.06	2.03	1.99	1.98	1.98	2.01	2.02	2.06	2.04	2.03	0.22	0.23	0.21
Na	0.02	0.02	0.09	0.06	0.09	0.08	0.11	0.10	0.08	0.07	0.16	0.11	0.16	0.14	0.08	0.12	0.79	0.78	0.80
K	1.86	1.84	0.02	0.03	0.03	0.01	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00
F	0.02	0.02																	
Cl	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
OH*	3.98	3.98	1.99	1.99	2.00	2.00	2.00	2.00	1.99	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			
Total	19.31	19.31	17.07	17.05	17.06	17.09	17.14	17.11	17.09	17.08	17.14	17.09	17.17	17.23	17.09	17.18	5.00	5.01	5.01
Nbre d'Ox (Si)	22	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.66	0.67	0.78	0.78	0.78	0.79	0.76	0.78	0.79	0.79	0.74	0.77	0.74	0.74	0.76	0.75			
Ab																	78.1	76.9	79.2
An																	21.4	22.7	20.5
Or																	0.5	0.4	0.3

échantillon	Epidotite à actinote-biotite - BOU2																
minéral	Ep														Sph	Cal	
N° sonde	1	2	7	9	12	13	19	20	21	27	29	30	41	45	26	31	35
	1a-cœur	1a-bord	1b-cœur	1b-bord	1c-interm	1c-cœur	3a-bord	3a-cœur	3a-bord	3b	4a-cœur	4a-bord	5a-interm	5b	3b	4a	4b
SiO2	38.26	38.22	38.27	38.45	38.78	38.04	38.22	38.25	38.46	39.01	38.43	38.30	38.16	38.56	30.24	0.00	0.06
TiO2	0.21	0.11	0.12	0.17	0.24	0.19	0.17	0.29	0.19	0.02	0.18	0.17	0.23	0.02	38.44	0.06	0.00
Al2O3	28.63	27.20	28.08	27.49	27.46	27.49	27.19	26.59	26.75	29.60	28.08	26.57	28.28	32.07	2.23	0.00	0.06
FeO	4.80	6.80	5.58	6.54	5.94	7.08	6.99	7.06	6.86	4.52	6.50	7.54	5.66	1.51	0.43	0.55	0.70
Fe2O3																	
MnO	0.06	0.06	0.00	0.17	0.11	0.04	0.15	0.17	0.06	0.06	0.05	0.05	0.15	0.00	0.14	0.51	0.56
MgO	0.09	0.07	0.06	0.01	0.11	0.07	0.07	0.10	0.20	0.05	0.07	0.00	0.09	0.00	0.00	0.48	0.47
CaO	24.58	24.80	24.68	24.68	24.85	24.90	24.40	24.59	24.49	25.01	24.57	24.29	24.19	25.29	29.59	63.11	59.80
Na2O	0.02	0.03	0.03	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02
K2O	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00
F															0.35		
Cl	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01
H2O*																	
Total	96.71	97.29	96.83	97.53	97.56	97.83	97.23	97.05	97.07	98.31	97.90	96.96	96.76	97.48	101.43	64.73	61.67
FORMULE STRUCTURALE																	
Si	3.03	3.04	3.04	3.05	3.06	3.02	3.05	3.06	3.07	3.03	3.03	3.07	3.03	2.97	4.00	0.00	0.01
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03			
Al vi	2.67	2.55	2.62	2.56	2.55	2.57	2.55	2.50	2.51	2.70	2.60	2.50	2.64	2.88			
Al total	2.67	2.55	2.62	2.56	2.55	2.57	2.55	2.50	2.51	2.70	2.60	2.50	2.64	2.91	0.35	0.00	0.01
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	3.81	0.00	0.00
Fe															0.05	0.04	0.05
Fe3+	0.32	0.45	0.37	0.43	0.39	0.43	0.45	0.47	0.46	0.29	0.40	0.50	0.36	0.09	0.00		
Fe2+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.01			
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04	0.04
Mg	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.06
Ca	2.08	2.12	2.10	2.10	2.10	2.12	2.08	2.11	2.09	2.08	2.08	2.08	2.06	2.09	4.19	5.85	5.81
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	8.13	8.18	8.15	8.16	8.15	8.19	8.17	8.17	8.17	8.12	8.16	8.17	8.14	8.07	12.42	6.00	5.99
Nbre d'Ox (Si)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	2	6	6

Pyroxénite à hornblende (extrait de Nkoumbou et al. sous presse)				
échantillon	MA1			
minéral	Pl	Phlogopites		
SiO_2	59.91	37.49	37.90	35.25
TiO_2	0.00	3.77	3.95	3.80
Al_2O_3	28.33	15.87	14.83	15.22
Cr_2O_3		0.21	0.13	0.17
NiO		0.08	0.05	0.07
CoO		0.00	0.01	0.00
MnO	0.00	0.00	0.03	0.05
FeOtot.	0.05	8.00	8.35	8.04
MgO	0.06	15.87	15.81	18.76
CaO	7.97	0.27	0.07	0.18
Na_2O	3.48	0.50	0.60	0.49
K_2O	0.13	8.14	8.23	8.32
BaO	0.18	2.06	2.27	2.10
Cl	0.03	0.15	0.11	0.16
Total	100.14	92.41	92.34	92.61
FORMULE STRUCTURALE				
Si	2.63	5.64	5.73	5.35
Al^{IV}	1.47	2.36	2.27	2.65
Al^{VI}		0.46	0.37	0.07
Ti	0.00	0.43	0.45	0.43
Cr		0.02	0.02	0.02
Ni		0.01	0.01	0.01
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe^{2+}	0.00	1.00	1.06	1.02
Mg	0.38	3.56	3.56	4.25
Ca	0.30	0.04	0.01	0.03
Na ou Na_B	0.01	0.14	0.17	0.14
K	0.00	1.56	1.59	1.61
Ba		0.12	0.13	0.13
TOTAL	4.79	15.34	15.37	15.72
Nbre d'Ox (Si)	8	22	22	22
Mg/(Mg+Fe2+)		0.78	0.77	0.81

échantillon	Hornblendite à biotite - MA3																			
minéral	Hbl						Bt					Pl	Cal		Ep				Ru	
	2a	2a-bord	2a-cœur	2a-cœur	2a-interm	2a-bord	1a	1d	1d	2a	2a	1a	1a	2b	1a	1b	1b	1c	1a	2a
SiO2	44.54	43.89	43.66	43.87	43.59	44.99	38.34	38.21	38.49	38.72	38.29	63.48	0.16	0.00	38.66	38.82	38.84	38.68	0.00	0.00
TiO2	0.50	0.50	0.56	0.54	0.66	0.48	1.60	1.52	1.57	1.58	1.44	0.01	0.04	0.00	0.12	0.09	0.11	0.11	97.63	97.59
Al2O3	12.66	12.95	13.43	13.34	13.23	12.17	16.76	17.37	16.53	16.17	15.79	23.43	0.00	0.00	26.96	28.30	26.78	27.58	0.00	0.02
FeOtot.	14.40	14.44	14.90	14.79	14.20	13.63	13.59	13.99	13.72	13.42	13.79	0.10	0.07	0.03	7.43	5.96	7.87	6.75	1.76	0.64
MnO	0.34	0.09	0.28	0.25	0.21	0.16	0.06	0.14	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.12	0.07	0.13	0.15	0.10	0.03	0.00
MgO	11.37	11.23	11.43	11.31	11.17	11.81	14.93	15.04	14.81	15.51	15.76	0.02	0.00	0.00	0.12	0.11	0.12	0.13	0.00	0.01
CaO	11.33	11.24	11.18	11.22	11.15	11.37	0.05	0.12	0.04	0.02	0.00	4.51	55.76	56.22	23.59	23.67	23.39	23.10	0.00	0.11
Na2O	1.79	2.16	2.04	2.07	1.96	2.00	0.24	0.25	0.32	0.37	0.37	8.76	0.12	0.09	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
K2O	0.57	0.76	0.78	0.66	0.88	0.39	9.22	9.00	8.70	8.86	8.84	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
H2O*	2.06	2.04	2.07	2.06	2.04	2.05	4.13	4.16	4.12	4.14	4.10									
Total	99.55	99.29	100.32	100.10	99.06	99.05	98.92	99.79	98.29	98.82	98.39	100.30	56.17	56.46	96.98	97.07	97.28	96.47	99.43	98.37
FORMULE STRUCTURALE																				
Si	6.50	6.45	6.33	6.37	6.41	6.58	5.57	5.51	5.61	5.61	5.59	2.79	0.01	0.00	3.08	3.06	3.09	3.08	0.00	0.00
Al iv	1.50	1.55	1.67	1.63	1.59	1.42	2.43	2.49	2.39	2.39	2.41									
Al vi	0.67	0.70	0.63	0.66	0.71	0.68	0.44	0.46	0.45	0.37	0.31									
Al total							2.87	2.95	2.84	2.76	2.72	1.21	0.00	0.00	2.53	2.63	2.51	2.59	0.00	0.00
Ti	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.05	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.99	1.00
Fe							1.65	1.69	1.67	1.62	1.68		0.00	0.00	0.50	0.39	0.52	0.45	0.02	0.01
Fe3+	0.56	0.44	0.73	0.65	0.50	0.42						0.00								
Fe2+	1.19	1.33	1.08	1.15	1.25	1.25														
Mn	0.04	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Mg	2.47	2.46	2.47	2.45	2.45	2.58	3.23	3.23	3.22	3.35	3.43	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00
Ca	1.77	1.77	1.74	1.75	1.76	1.78	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.21	1.99	2.02	2.01	2.00	1.99	1.97	0.00	0.00
Na	0.51	0.62	0.57	0.58	0.56	0.57	0.07	0.07	0.09	0.10	0.11	0.75	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.11	0.14	0.14	0.12	0.16	0.07	1.71	1.65	1.62	1.64	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	2	2	2	2	2	2	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00									
Total	17.38	17.53	17.45	17.45	17.48	17.42	19.29	19.30	19.22	19.26	19.34	4.97	2.01	2.03	8.15	8.12	8.15	8.12	1.01	1.00
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	23	22	22	22	22	22	8	6	6	12.5	12.5	12.5	12.5	2	2
Mg/(Mg+Fe2+)	0.67	0.65	0.70	0.68	0.66	0.67	0.66	0.66	0.66	0.67	0.67									
Ab												77.9								
An												22.1								
Or												0.0								

échantillon	Métagabbro à grenat - MA4															
minéral	Grt		Hbl					Bt				Mu				
N° sonde	157	158	136	137	147	149	150	135	148	151	156	138	139	152	153	155
	2b	2c	1a-bord	1a-cœur	2a-cœur	2a-bord	2a-bord	1a	2a	2d	2b	1a	1b	2d	2d	2b
SiO2	38.59	37.52	41.46	41.20	41.18	40.76	42.33	37.08	36.79	37.05	37.20	46.23	46.24	46.40	45.78	46.26
TiO2	0.03	0.06	0.68	0.69	0.46	0.53	0.50	1.68	1.74	1.62	1.57	0.51	0.52	0.65	0.57	0.50
Al2O3	21.28	20.67	16.48	15.59	15.64	15.71	16.02	17.15	17.24	17.09	17.16	31.08	31.37	31.92	32.18	31.16
FeOtot.	26.73	26.75	17.53	16.91	17.10	17.23	16.88	15.83	16.24	15.21	15.49	3.09	3.38	3.50	3.19	3.37
Fe2O3recalc.																
MnO	1.10	1.02	0.01	0.07	0.00	0.22	0.11	0.09	0.08	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00
MgO	3.67	3.84	8.27	8.39	8.76	8.61	8.25	13.16	13.15	13.01	12.78	1.38	1.38	1.49	1.09	1.53
CaO	8.97	8.97	10.73	10.73	11.04	10.27	10.28	0.03	0.04	0.02	0.09	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00
Na2O	0.00	0.00	1.80	1.83	1.89	2.13	1.89	0.27	0.18	0.25	0.23	1.04	1.12	0.84	0.86	1.01
K2O	0.03	0.02	0.90	0.91	0.57	0.58	0.51	9.27	9.16	9.03	8.88	9.28	9.01	9.61	9.26	9.24
H2O*			2.04	2.00	2.01	2.01	2.03	4.04	4.03	4.01	4.02	4.35	4.37	4.42	4.37	4.37
Total	100.39	98.85	99.87	98.32	98.63	98.04	98.80	98.60	98.66	97.27	97.41	97.00	97.41	98.85	97.29	97.44
FORMULE STRUCTURALE																
Si	3.02	2.99	6.10	6.17	6.13	6.08	6.25	5.50	5.47	5.54	5.55	6.37	6.34	6.29	6.28	6.35
Al iv	0.00	0.01	1.90	1.83	1.87	1.92	1.75	2.50	2.53	2.46	2.45	1.63	1.66	1.71	1.72	1.65
Al vi	1.96	1.94	0.95	0.92	0.87	0.85	1.03	0.50	0.49	0.56	0.57	3.41	3.41	3.39	3.48	3.39
Al total	1.96	1.95						3.00	3.02	3.01	3.02	5.04	5.07	5.10	5.20	5.04
Ti	0.00	0.00	0.08	0.08	0.05	0.06	0.06	0.19	0.19	0.18	0.18	0.05	0.05	0.07	0.06	0.05
Fe								1.96	2.02	1.90	1.93	0.36	0.39	0.40	0.37	0.39
Fe3+	0.01	0.05	0.73	0.60	0.72	0.94	0.72									
Fe2+	1.74	1.73	1.42	1.52	1.41	1.21	1.36									
Mn	0.07	0.07	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.43	0.46	1.81	1.87	1.94	1.92	1.82	2.91	2.91	2.90	2.84	0.28	0.28	0.30	0.22	0.31
Ca	0.75	0.77	1.69	1.72	1.76	1.64	1.63	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na			0.51	0.53	0.55	0.62	0.54	0.08	0.05	0.07	0.07	0.28	0.30	0.22	0.23	0.27
K			0.17	0.17	0.11	0.11	0.10	1.75	1.74	1.72	1.69	1.63	1.58	1.66	1.62	1.62
OH*			2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Total	7.99	8.01	17.37	17.43	17.41	17.37	17.26	19.40	19.42	19.34	19.30	18.01	18.01	18.04	17.98	18.02
Nbre d'Ox (Si)	12	12	23	23	23	23	23	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Mg/(Mg+Fe2+)	0.20	0.21	0.56	0.55	0.58	0.61	0.57	0.60	0.59	0.60	0.60	0.44	0.42	0.43	0.38	0.45
Almandin	57.7	56.8														
Andradite	0.6	2.7														
Grossulaire	24.8	22.9														
Pyrope	14.5	15.3														
Spessartine	2.5	2.3														

échantillon	Métagabbro à grenat - MA4									
minéral	Pl					Scap	Ep			
N° sonde	141	142	143	154	163	161	140	144	160	162
	1c	1c	1c	2d	2c	2c	1c	1c	2c	2c
SiO2	59.49	57.95	62.48	62.39	61.68	59.13	37.68	37.74	38.81	38.25
TiO2	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.20	0.16	0.11	0.09
Al2O3	25.33	26.17	23.53	23.83	23.04	23.61	26.71	26.40	26.71	26.92
FeOtot.	0.05	0.03	0.05	0.25	0.00	0.00	7.66	7.69	8.28	7.83
Fe2O3recalc.	0.06	0.03	0.05	0.28	0.00	0.00				
MnO	0.12	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00
MgO	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.02	0.12	0.09	0.04	0.09
CaO	7.12	8.17	4.80	5.11	4.51	5.83	23.38	22.93	22.65	22.95
Na2O	7.39	6.77	8.69	8.58	9.08	7.98	0.00	0.00	0.03	0.00
K2O	0.01	0.00	0.01	0.03	0.05	0.03	0.03	0.00	0.03	0.00
H2O*										
Total	99.58	99.13	99.71	100.50	98.37	96.59	95.78	95.04	96.65	96.13
FORMULE STRUCTURALE										
Si	2.66	2.61	2.77	2.76	2.78	8.16	3.05	3.07	3.10	3.08
Al iv						0.00				
Al vi						3.83				
Al total	1.34	1.39	1.23	1.24	1.22	3.83	2.55	2.53	2.52	2.55
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe						0.00	0.52	0.52	0.55	0.53
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00					
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	0.34	0.39	0.23	0.24	0.22	0.86	2.03	2.00	1.94	1.98
Na	0.64	0.59	0.75	0.73	0.79	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.99	4.99	4.99	4.99	5.01	18.82	8.17	8.15	8.13	8.14
Nbre d'Ox (Si)	8	8	8	8	8	24	12.5	12.5	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)										
Ab	65.2	60.0	76.5	75.1	78.3					
An	34.7	40.0	23.4	24.7	21.5					
Or	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3					
Mei						28.8				

échantillon	Métagabbro à grenat - MA5													
minéral	Grt					Hbl	Bt					Mu		
N° sonde	180	181	182	183	187	179	175	176	186	190	73	72	76	80
	1c-bord	1c-cœur	1b-bord	1b-bord	1a	1c	1e	1d	1b	1a	2a	2a	2d	2b
SiO2	37.89	38.07	38.47	37.62	38.16	41.56	36.61	36.73	36.63	36.64	36.20	45.69	44.81	44.36
TiO2	0.00	0.03	0.06	0.04	0.03	0.55	1.63	1.71	1.82	2.02	1.83	0.71	0.21	0.28
Al2O3	21.79	21.37	21.48	21.09	21.15	15.72	17.89	17.52	17.86	17.40	17.10	31.34	33.13	33.20
FeOtot.	27.54	29.07	28.36	28.10	29.22	16.86	14.35	14.90	14.88	15.19	15.48	2.92	2.89	2.47
MnO	0.06	0.48	0.71	0.55	0.05	0.08	0.02	0.05	0.00	0.13	0.05	0.00	0.00	0.04
MgO	4.61	4.53	4.56	4.69	4.20	8.84	12.96	12.69	12.66	12.97	13.14	1.48	0.99	0.97
CaO	7.87	7.52	7.28	7.15	7.76	10.81	0.00	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.02	0.04
Na2O	0.05	0.04	0.02	0.01	0.04	1.64	0.13	0.23	0.16	0.11	0.12	0.69	0.95	1.07
K2O	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.78	9.02	9.01	8.77	8.96	8.73	9.47	9.29	8.86
H2O*						2.03	3.99	3.99	4.00	4.01	3.96	4.34	4.34	4.31
Total	99.85	101.11	100.94	99.25	100.61	98.87	96.61	96.84	96.78	97.46	96.63	96.64	96.63	95.62
FORMULE STRUCTURALE														
Si	2.98	2.97	3.00	2.98	2.99	6.15	5.50	5.52	5.50	5.48	5.48	6.31	6.19	6.17
Al iv	0.02	0.03	0.00	0.02	0.01	1.85	2.50	2.48	2.50	2.52	2.52	1.69	1.81	1.83
Al vi	2.00	1.94	1.97	1.95	1.95	0.89	0.67	0.62	0.66	0.55	0.53	3.42	3.58	3.62
Al total	2.02	1.97	1.97	1.97	1.96		3.17	3.10	3.16	3.07	3.05	5.10	5.39	5.44
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.18	0.19	0.20	0.23	0.21	0.07	0.02	0.03
Fe							1.80	1.87	1.87	1.90	1.96	0.34	0.33	0.29
Fe3+	0.00	0.05	0.02	0.04	0.04	0.79								
Fe2+	1.81	1.84	1.82	1.82	1.87	1.30								
Mn	0.00	0.03	0.05	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
Mg	0.54	0.53	0.53	0.55	0.49	1.95	2.90	2.84	2.83	2.89	2.96	0.30	0.20	0.20
Ca	0.66	0.63	0.61	0.61	0.65	1.71	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Na						0.47	0.04	0.07	0.05	0.03	0.04	0.18	0.25	0.29
K						0.15	1.73	1.73	1.68	1.71	1.68	1.67	1.64	1.57
OH*						2.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Total	8.01	8.02	8.00	8.02	8.01	17.33	19.33	19.33	19.29	19.34	19.39	17.99	18.04	18.01
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	23	22	22	22	22	22	22	22	22
Mg/(Mg+Fe2+)	0.23	0.22	0.23	0.23	0.21	0.60	0.62	0.60	0.60	0.60	0.60	0.47	0.38	0.41
Almandin	59.5	60.0	60.4	59.8	61.7									
Andradite	0.2	2.6	1.2	2.0	2.2									
Grossulaire	22.1	18.5	19.1	18.4	19.6									
Pyrope	18.2	17.7	17.7	18.6	16.4									
Spessartine	0.1	1.1	1.6	1.2	0.1									

échantillon	Métagabbro à grenat - MA5										
minéral	Pl							Ep			
N° sonde	177	184	185	188	189	74	81	75	77	78	79
	1d	1b-bord	1b-interm.	1a	1a	2a	2b	2b	2e	2c	2c
SiO2	61.10	60.47	62.69	60.47	61.89	58.80	58.75	38.66	37.55	37.48	37.52
TiO2	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.07	0.12	0.04	0.05
Al2O3	24.57	24.83	24.42	24.78	23.75	25.52	25.59	28.64	26.88	27.26	27.53
FeOtot.	0.39	0.19	0.23	0.10	0.04	0.00	0.00	6.09	7.63	6.66	5.69
Fe2O3recalc.	0.43	0.21	0.26	0.11	0.05	0.00	0.00				
MnO	0.03	0.00	0.01	0.04	0.10	0.04	0.00	0.00	0.16	0.00	0.04
MgO	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.02	0.03	0.11	0.04	0.22	0.11
CaO	5.47	6.37	2.59	6.00	5.36	7.20	7.31	23.51	23.01	22.23	22.71
Na2O	8.07	8.17	8.09	7.97	8.48	7.46	7.35	0.00	0.03	0.00	0.01
K2O	0.05	0.01	1.67	0.04	0.05	0.05	0.08	0.01	0.03	0.01	0.08
H2O*											
Total	100.11	100.25	100.03	99.52	99.71	99.10	99.12	97.08	95.44	93.90	93.73
FORMULE STRUCTURALE											
Si	2.72	2.69	2.78	2.70	2.75	2.65	2.64	3.05	3.05	3.06	3.06
Al iv											
Al vi											
Al total	1.29	1.30	1.27	1.30	1.24	1.35	1.36	2.66	2.57	2.63	2.65
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Fe								0.40	0.52	0.46	0.39
Fe3+	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00				
Fe2+											
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.01
Ca	0.26	0.30	0.12	0.29	0.26	0.35	0.35	1.99	2.00	1.95	1.99
Na	0.70	0.70	0.69	0.69	0.73	0.65	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Total	4.98	5.01	4.98	4.99	4.99	5.00	5.00	8.12	8.16	8.12	8.11
Nbre d'Ox (Si)	8	8	8	8	8	8	8	12.5	12.5	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)											
Ab	72.5	69.9	76.2	70.5	73.9	65.0	64.2				
An	27.2	30.1	13.5	29.3	25.8	34.7	35.3				
Or	0.3	0.0	10.3	0.2	0.3	0.3	0.5				

échantillon	Pyroxénite à hornblende - MA8-1																						
minéral	Opx												Hbl										Pl
	1a	1a	2a(brd	2a(coe)	3a(coe	3a(brd	3b(coe)	3b(brd)	3b	1a	2b(brd)	2b(coe)	1a	1a(brd)	1a	1a	1a	1a(coe	2a	2a	2b	3b	1a
SiO2	54.93	54.08	54.10	53.79	54.86	54.12	53.62	53.62	54.51	52.84	52.83	53.06	45.61	44.67	46.73	43.41	43.13	44.25	45.03	46.88	46.51	47.84	60.31
TiO2	0.02	0.00	0.02	0.04	0.07	0.05	0.02	0.02	0.03	0.30	0.33	0.41	1.68	1.76	1.45	2.12	1.25	1.13	1.72	1.26	1.41	1.11	0.00
Al2O3	1.79	2.29	2.30	2.63	1.92	1.72	2.56	2.56	2.43	3.07	2.83	3.53	11.99	11.89	10.16	12.80	13.13	12.84	12.02	10.46	10.18	9.15	25.29
FeOtot.	16.59	15.89	15.76	15.95	14.58	15.38	15.16	15.16	15.42	4.90	5.02	5.01	8.49	8.15	7.97	8.90	8.74	9.03	8.44	8.25	7.93	6.70	0.00
MnO	0.43	0.34	0.46	0.38	0.39	0.21	0.43	0.43	0.28	0.07	0.00	0.11	0.10	0.16	0.14	0.05	0.04	0.10	0.07	0.00	0.04	0.09	0.05
MgO	26.99	25.47	27.02	26.92	26.31	26.01	26.98	26.98	26.61	14.59	15.12	15.98	15.17	14.69	16.05	14.02	14.34	14.66	14.85	16.01	15.93	16.60	0.03
CaO	0.20	2.44	0.83	0.27	2.40	2.06	0.33	0.33	1.57	22.12	23.03	20.74	11.69	11.84	11.85	11.59	11.82	12.00	11.70	11.97	11.89	11.97	6.69
Na2O	0.00	0.04	0.03	0.00	0.16	0.50	0.02	0.02	0.04	0.82	0.81	0.70	1.78	2.00	1.63	2.07	2.02	1.95	1.97	1.59	1.65	1.58	7.53
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.10	1.00	1.13	0.87	1.12	1.35	0.97	1.08	0.97	0.94	0.80	0.15
Cr2O3	0.35	0.19	0.15	0.50	0.24	0.10	0.94	0.94	0.13	0.59	0.20	0.11	0.55	0.50	0.38	0.42	0.40	0.59	0.47	0.46	0.41	0.41	
H2O*													2.10	2.06	2.09	2.05	2.04	2.08	2.08	2.11	2.08	2.08	
Total	101.29	100.7	100.68	100.50	100.94	100.47	100.04	100.04	101.01	99.29	100.17	99.75	100.16	98.83	99.33	98.54	98.26	99.60	99.42	99.94	98.97	98.33	100.05
FORMULE STRUCTURALE																							
Si	1.96	1.95	1.94	1.93	1.96	1.94	1.93	1.93	1.95	1.95	1.93	1.94	6.50	6.51	6.69	6.35	6.33	6.38	6.50	6.68	6.70	6.89	2.68
Al iv	0.04	0.05	0.06	0.07	0.04	0.06	0.07	0.07	0.05	0.05	0.07	0.06	1.50	1.49	1.31	1.65	1.67	1.62	1.50	1.32	1.30	1.11	
Al vi	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.01	0.04	0.04	0.05	0.08	0.05	0.09	0.51	0.55	0.40	0.56	0.60	0.56	0.54	0.43	0.42	0.45	
Al total	0.08	0.10	0.10	0.11	0.08	0.07	0.11	0.11	0.10	0.13	0.12	0.15	2.01	2.04	1.71	2.21	2.27	2.18	2.04	1.76	1.73	1.55	1.32
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.18	0.19	0.16	0.23	0.14	0.12	0.19	0.14	0.15	0.12	
Cr	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	0.06	0.04	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	
Fe	0.50	0.47	0.44	0.46	0.43	0.29	0.45	0.45	0.45	0.15	0.01	0.15											
Fe3+													0.33	0.03	0.30	0.13	0.20	0.32	0.17	0.30	0.23	0.08	
Fe2+													0.68	0.96	0.65	0.95	0.87	0.77	0.85	0.68	0.73	0.72	
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
Mg	1.44	1.37	1.44	1.44	1.40	1.39	1.45	1.45	1.42	0.80	0.82	0.87	3.22	3.19	3.43	3.06	3.14	3.15	3.19	3.40	3.42	3.57	0.00
Ca	0.01	0.09	0.03	0.01	0.09	0.08	0.01	0.01	0.06	0.87	0.90	0.81	1.78	1.85	1.82	1.82	1.86	1.85	1.81	1.83	1.83	1.85	0.32
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.05	0.49	0.56	0.45	0.59	0.58	0.54	0.55	0.44	0.46	0.44	0.65
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.21	0.16	0.21	0.25	0.18	0.20	0.18	0.17	0.15	0.01
OH*													2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
TOTAL	3.99	3.98	3.95	3.97	3.99	3.82	3.98	3.98	3.98	3.98	3.85	4.00	19.47	19.66	19.14	19.82	19.96	19.76	19.60	19.20	19.19	18.99	4.99
Nbre d'Ox (Si)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.74	0.74	0.77	0.76	0.76	0.83	0.76	0.76	0.76	0.84	0.99	0.85	0.82	0.77	0.84	0.76	0.78	0.80	0.79	0.83	0.82	0.83	
Ab																							66.5
An																							32.7
Or																							0.9

Pyroxénite à hornblende (extrait de Nkoumbou et al. Sous presse)												
Echantillon	MA13											
Mineral	Opx		Cpx			Hbl			Pl		Ru	
	cœur	bord	cœur	interm.	bord	cœur	int	bord	cœur	bord	cœur	bord
SiO_2	54.67	51.33	53.04	52.53	53.89	45.55	45.22	46.46	58.41	61.31	0.00	0.18
TiO_2	0.04	1.47	0.42	0.49	0.26	1.29	1.02	0.88	0.00	0.00	100.66	99.92
Al_2O_3	2.36	2.83	3.86	3.55	3.10	13.11	12.10	12.71	26.20	22.58	0.00	0.00
Cr_2O_3	0.10	0.11	0.29	0.10	0.09	0.21	0.27	0.14				
MnO	0.37	0.37	0.02	0.08	0.18	0.07	0.03	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
FeOtot.	18.15	19.32	5.85	5.89	5.34	10.26	8.75	8.82	0.02	0.25	0.23	0.27
MgO	24.28	23.70	14.34	13.81	14.75	13.26	14.48	14.65	0.00	0.00	0.00	0.16
CaO	2.35	0.49	22.22	22.47	22.38	11.66	11.85	11.55	8.51	5.83	0.06	0.26
Na_2O	0.10	0.01	0.86	0.83	0.92	1.88	1.85	1.77	6.97	7.97		
K_2O						1.29	1.02	0.88	0.10	0.08		
Total	102.42	99.63	100.90	99.75	100.91	98.58	96.59	97.99	100.21	98.02	100.95	100.79
FORMULE STRUCTURALE												
Si	1.95	1.90	1.93	1.94	1.96	6.53	6.52	6.58	2.61	2.77	0.00	0.00
Al^{IV}	0.05	0.10	0.07	0.06	0.04	1.32	1.26	1.30	0.00	0.00	1.00	0.99
Al^{VI}	0.05	0.02	0.10	0.10	0.10	0.90	0.80	0.83	1.38	1.20	0.00	0.00
Al total	0.10	0.12	0.17	0.15	0.13	2.22	2.06	2.13	1.38	1.20		
Ti	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01				0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02			0.00	0.00
Mn	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01
Fe^{2+}	0.54	0.60	0.07	0.05	0.06	1.17	0.99	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe^{3+}						0.06	0.07	0.30				
Mg	1.29	1.31	0.78	0.76	0.80	2.83	3.11	3.09	0.41	0.28		
Ca	0.09	0.02	0.87	0.89	0.87	1.79	1.83	1.75	0.60	0.70		
Na or Na_B	0.01	0.00	0.06	0.06	0.06	0.21	0.17	0.25	0.01	0.01		
Na_A						0.31	0.35	0.24	0.00	0.00		
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.19	0.16	0.00	0.00		
TOTAL	4.01	4.01	3.96	4.02	4.04	15.39	15.32	15.28	5.01	4.97	1.00	1.01
Nbre d'Ox (Si)	6	6	6	6	6	23	23	23	8	8		
Mg/(Mg+Fe2+)	0.75	0.68	0.81	0.8	0.83	0.7	0.75	0.75				
Ab									59.4	70.9		
An									40.1	28.7		
Or									0.6	0.5		

échantillon	Métagabbro à grenat - MA16																				
minéral	Grt		Bt			Pl					Cal			Ep							ilm
N° sonde	18	19	12	1	6	13	22	23	9	11	15	16	20	14	2	3	4	5	7	8	21
SiO2	37.90	38.22	36.34	36.14	36.05	62.41	61.93	61.56	62.54	60.07	0.00	0.02	0.00	38.23	37.16	37.96	37.94	39.15	38.25	37.61	
TiO2	0.03	0.06	2.96	2.98	2.84	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	0.05	0.10	0.17	0.17	0.21	0.16	0.15	0.13	45.70
Al2O3	21.04	21.39	16.34	16.83	16.85	23.76	23.61	24.18	23.51	24.75	0.00	0.00	0.00	25.61	24.04	25.05	25.67	26.03	25.73	25.09	
FeOtot.	29.89	30.46	18.42	18.24	18.06	0.45	0.16	0.12	0.00	0.03	0.19	0.07	0.16	9.04	10.57	9.76	9.72	8.77	8.71	9.69	40.46
Fe2O3recalc.						0.50	0.18	0.13	0.00	0.03											10.62
MnO	0.53	0.84	0.10	0.00	0.07	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.08	0.00	0.00	0.04	0.23	0.26	0.11	0.04	0.04	0.18	0.24
MgO	3.36	3.44	10.39	10.16	10.41	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.10	0.04	0.10	0.08	0.10	0.06	0.22
CaO	6.92	6.70	0.05	0.01	0.02	4.94	5.21	5.17	4.90	6.58	53.96	54.72	54.46	23.31	22.55	22.74	23.09	22.90	23.15	22.52	
Na2O	0.01	0.01	0.07	0.08	0.08	8.93	8.51	8.37	8.76	7.62	0.03	0.03	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	
K2O	0.00	0.02	9.19	9.03	9.44	0.08	0.14	0.16	0.01	0.13	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	
H2O*			3.95	3.94	3.94																
Total	99.67	101.14	97.80	97.40	97.75	101.06	99.79	99.70	99.72	99.27	54.27	54.85	54.67	96.37	95.81	96.00	96.84	97.20	96.12	95.29	97.24
FORMULE STRUCTURALE																					
Si	3.01	3.00	5.52	5.51	5.49	2.752	2.756	2.739	2.773	2.692	0.00	0.00	0.00	3.09	3.07	3.10	3.07	3.12	3.09	3.09	
Al iv	0.00	0.00	2.48	2.49	2.51																
Al vi	1.97	1.98	0.45	0.53	0.51																
Al total	1.97	1.98	2.93	3.02	3.02	1.235	1.238	1.268	1.229	1.307	0.00	0.00	0.00	2.44	2.34	2.41	2.44	2.45	2.45	2.43	
Ti	0.00	0.00	0.34	0.34	0.32	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.90
Fe			2.34	2.32	2.30						0.01	0.00	0.00	0.61	0.73	0.67	0.66	0.59	0.59	0.67	
Fe3+	0.01	0.02																			
Fe2+	1.97	1.98																			1.09
Mn	0.04	0.06	0.01	0.00	0.01	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Mg	0.40	0.40	2.35	2.31	2.36	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	0.59	0.56	0.01	0.00	0.00	0.233	0.248	0.246	0.233	0.316	1.90	1.93	1.92	2.02	2.00	1.99	2.00	1.96	2.01	1.98	
Na			0.02	0.02	0.02	0.764	0.734	0.722	0.753	0.662	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
K			1.78	1.75	1.83	0.005	0.008	0.009	0.001	0.007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
OH*			4.00	4.00	4.00																
Total	8.00	8.00	19.30	19.28	19.36	4.99	4.99	4.99	4.99	4.99	1.91	1.94	1.93	8.18	8.33	8.19	8.20	8.15	8.17	8.19	5.79
Nbre d'Ox (Si)	12	12	22	22	22	8	8	8	8	8	6	6	6	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	6
Mg/(Mg+Fe2+)	0.17	0.17	0.50	0.50	0.51																0.01
Ab						76.2	74.1	73.9	76.3	67.184											
An						23.3	25.1	25.2	23.6	32.1											
Or						0.5	0.8	0.9	0.1	0.8											
Almandin	65.6	65.9																			
Andradite	0.6	0.8																			
Grossulaire	19.2	18.0																			
Pyrope	13.4	13.4																			
Spessartine	1.2	1.9																			

échantillon	Métagabbro à grenat - MA19																						
minéral	Grt					Hbl				Bt							Pl		Cal			Ep	
N° sonde	86	87	88	89	90	199	200	201	202	84	91	93	97	196	197	203	95	205	85	94	96	191	204
	1b-bord	1b-inter.	1b-cœur	1b-cœur	1b-cœur	2a-inter.	2a-inter.	2a-bord	2a-bord	1a	1b	1c	1c	2a	2a	2a	1d	2b	1b	1c	1c	1a-cœur	2a
SiO2	37.71	37.83	38.14	37.48	37.76	40.85	40.83	40.32	40.72	36.94	36.16	35.58	36.22	36.73	37.52	36.81	62.86	60.19	0.00	0.02	0.00	37.89	38.13
TiO2	0.03	0.02	0.07	0.07	0.00	0.78	0.94	1.02	0.99	2.40	2.61	2.39	2.32	2.49	2.30	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.18	0.15
Al2O3	21.41	21.24	20.99	20.97	21.23	15.82	15.78	15.56	16.43	16.55	16.72	16.62	16.72	16.63	16.28	16.53	23.10	25.23	0.00	0.00	0.01	25.80	26.17
FeOtot.	28.73	26.75	26.99	27.30	27.49	16.15	16.00	16.62	16.68	16.70	17.21	16.81	16.28	16.16	16.42	15.74	0.05	0.16	0.08	0.09	0.10	8.42	8.34
MnO	0.43	1.64	1.83	1.95	1.70	0.17	0.05	0.05	0.00	0.00	0.03	0.15	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.10	0.06
MgO	3.91	3.62	3.52	3.33	3.42	9.09	8.86	8.68	8.20	12.08	12.20	12.31	12.55	12.78	12.15	12.98	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.16	0.07
CaO	7.93	8.51	8.99	9.01	8.78	10.30	10.71	10.75	10.56	0.00	0.03	0.08	0.04	0.00	0.11	0.09	3.86	6.62	54.73	54.92	54.59	22.82	23.29
Na2O	0.00	0.01	0.06	0.05	0.03	2.05	1.92	2.11	1.92	0.14	0.32	0.15	0.13	0.22	0.23	0.19	9.11	7.35	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00
K2O	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	1.14	1.06	0.92	1.05	9.42	8.72	9.15	9.07	8.91	8.66	9.24	0.10	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O*						2.01	2.00	1.99	2.01	4.01	3.98	3.93	3.97	4.01	4.02	4.01							
Total	100.19	99.65	100.59	100.17	100.41	98.36	98.16	98.02	98.57	98.23	97.96	97.15	97.34	97.93	97.69	97.90	99.14	99.81	54.91	55.02	54.76	95.36	96.21
FORMULE STRUCTURALE																							
Si	2.97	2.99	2.99	2.96	2.97	6.08	6.12	6.07	6.08	5.53	5.45	5.43	5.48	5.49	5.60	5.51	2.80	2.68	0.00	0.00	0.00	3.09	3.08
Al iv	0.03	0.01	0.01	0.04	0.03	1.92	1.88	1.93	1.92	2.47	2.55	2.57	2.52	2.51	2.40	2.49							
Al vi	1.95	1.97	1.93	1.91	1.94	0.86	0.90	0.84	0.98	0.45	0.42	0.42	0.46	0.43	0.46	0.42							
Al total	1.99	1.98	1.94	1.95	1.97					2.92	2.97	2.99	2.98	2.93	2.86	2.92	1.21	1.33	0.00	0.00	0.00	2.48	2.49
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.11	0.12	0.11	0.27	0.30	0.27	0.26	0.28	0.26	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Fe										2.09	2.17	2.15	2.06	2.02	2.05	1.97			0.00	0.00	0.00	0.57	0.56
Fe3+	0.08	0.04	0.07	0.14	0.11	0.79	0.57	0.60	0.58								0.00	0.01					
Fe2+	1.81	1.73	1.70	1.66	1.70	1.23	1.44	1.50	1.51														
Mn	0.03	0.11	0.12	0.13	0.11	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Mg	0.46	0.43	0.41	0.39	0.40	2.02	1.98	1.95	1.83	2.69	2.74	2.80	2.83	2.85	2.70	2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
Ca	0.67	0.72	0.76	0.76	0.74	1.64	1.72	1.73	1.69	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.18	0.32	1.94	1.94	1.93	1.99	2.01
Na						0.59	0.56	0.62	0.56	0.04	0.09	0.04	0.04	0.06	0.07	0.05	0.79	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K						0.22	0.20	0.18	0.20	1.80	1.68	1.78	1.75	1.70	1.65	1.76	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*						2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00							
Total	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	17.45	17.48	17.53	17.45	19.34	19.40	19.50	19.41	19.34	19.21	19.38	4.99	4.97	1.94	1.95	1.93	8.16	8.17
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	23	23	23	23	22	22	22	22	22	22	22	8	8	6	6	6	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	0.62	0.58	0.57	0.55	0.56	0.56	0.57	0.58	0.59	0.57	0.60							
Ab																	80.5	66.5					
An																	18.9	33.1					
Or																	0.6	0.5					
Almandin	61.0	57.9	56.8	56.6	57.8																		
Andradite	1.5	1.0	2.4	3.1	2.2																		
Grossulaire	21.0	23.0	22.9	22.7	22.7																		
Pyrope	15.5	14.3	13.8	13.2	13.5																		
Spessartine	1.0	3.7	4.1	4.4	3.8																		

échantillon	Métagabbro à grenat - MA21																						
minéral	Grt							Hbl						Bt				Pl			Ep		
N° sonde	50	53	54	56	58	66	67	49	59	60	71	72	73	65	68	76	77	48	52	74	51	70	75
	1a-bord	1a-inter.	1b-cœur	1b-inter.	1b-bord	2a	2b	1a	1b-bord	1b-inter.	2c-bord	2c-cœur	2d	2a	2b	2f	2g	1a	1a	2d	1a	2c-bord	2e
SiO2	38.22	38.22	38.11	38.50	38.09	38.58	37.91	41.41	41.05	40.71	41.23	41.16	40.81	36.64	36.54	36.30	37.29	61.86	61.44	62.75	38.60	37.79	38.43
TiO2	0.01	0.08	0.00	0.09	0.06	0.04	0.03	0.74	0.60	0.88	0.72	0.89	0.86	2.12	2.31	2.18	2.35	0.00	0.00	0.00	0.13	0.18	0.16
Al2O3	21.60	21.32	21.22	21.26	20.89	21.39	21.32	16.18	15.80	15.92	15.60	15.91	16.04	16.49	16.14	16.26	16.24	23.79	24.25	23.46	26.95	25.71	25.87
FeOtot.	28.29	28.43	28.45	27.70	28.16	29.12	29.15	12.36	10.79	11.14	11.47	12.48	11.32	15.35	16.46	16.31	16.67	0.08	0.02	0.00	8.47	8.59	9.69
Fe2O3recalc.								4.77	5.96	6.03	4.94	4.09	5.90					0.09	0.02	0.00			
MnO	0.71	0.98	1.29	1.95	0.60	1.06	1.08	0.12	0.00	0.00	0.01	0.00	0.20	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.08
MgO	3.81	3.58	3.67	3.54	3.87	3.75	3.88	8.37	8.82	8.77	8.84	8.49	8.68	13.48	13.29	12.91	13.12	0.00	0.00	0.00	0.14	0.12	0.11
CaO	7.18	7.62	7.32	7.59	7.35	7.31	7.24	10.65	10.36	10.44	10.70	10.47	10.76	0.00	0.00	0.03	0.03	5.00	5.74	4.58	22.86	23.03	23.22
Na2O	0.04	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	2.13	2.13	2.25	1.83	2.08	1.97	0.18	0.18	0.23	0.19	8.26	8.13	8.98	0.01	0.00	0.00
K2O	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.90	0.83	0.92	0.91	1.17	1.03	9.13	8.95	9.02	9.04	0.05	0.03	0.08	0.00	0.00	0.00
H2O*								2.02	2.00	2.01	2.00	2.00	2.02	3.99	3.99	3.96	4.05						
Total	99.88	100.23	100.08	100.67	99.02	101.25	100.62	99.65	98.35	99.07	98.25	98.75	99.58	97.43	97.89	97.19	98.98	99.12	99.63	99.85	97.17	95.56	97.57
FORMULE STRUCTURALE																							
Si	3.01	3.01	3.01	3.02	3.03	3.01	2.98	6.15	6.15	6.08	6.19	6.17	6.07	5.50	5.49	5.50	5.52	2.76	2.73	2.78	3.08	3.08	3.08
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	1.85	1.85	1.92	1.81	1.83	1.93	2.50	2.51	2.50	2.48						
Al vi	2.01	1.98	1.98	1.97	1.96	1.97	1.96	0.98	0.94	0.88	0.94	0.98	0.88	0.42	0.34	0.40	0.35						
Al total	2.01	1.98	1.98	1.97	1.96	1.97	1.98							2.92	2.86	2.90	2.83	1.25	1.27	1.22	2.53	2.47	2.44
Ti	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.08	0.07	0.10	0.08	0.10	0.10	0.24	0.26	0.25	0.26				0.01	0.01	0.01
Fe														1.93	2.07	2.07	2.06				0.56	0.58	0.65
Fe3+	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.53	0.67	0.68	0.56	0.46	0.66					0.00	0.00	0.00			
Fe2+	1.88	1.87	1.86	1.81	1.86	1.88	1.88	1.54	1.35	1.39	1.44	1.56	1.41										
Mn	0.05	0.07	0.09	0.13	0.04	0.07	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00				0.00	0.01	0.01
Mg	0.45	0.42	0.43	0.41	0.46	0.44	0.45	1.85	1.97	1.95	1.98	1.90	1.92	3.02	2.98	2.91	2.89				0.02	0.01	0.01
Ca	0.61	0.64	0.62	0.64	0.63	0.61	0.61	1.69	1.66	1.67	1.72	1.68	1.71	0.00	0.00	0.00	0.01	0.24	0.27	0.22	1.95	2.01	1.99
Na								0.61	0.62	0.65	0.53	0.60	0.57	0.05	0.05	0.07	0.05	0.71	0.70	0.77	0.00	0.00	0.00
K								0.17	0.16	0.17	0.17	0.22	0.20	1.75	1.71	1.74	1.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*								2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	4.00						
Total	7.99	7.99	8.00	7.99	7.99	8.00	8.01	17.48	17.44	17.50	17.43	17.51	17.47	19.41	19.42	19.44	19.34	4.97	4.98	5.00	8.15	8.18	8.19
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	23	23	23	23	23	23	22	22	22	22	8	8	8	12.5	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.19	0.18	0.19	0.19	0.20	0.19	0.19	0.55	0.59	0.58	0.58	0.55	0.58	0.61	0.59	0.59	0.58						
Ab																		74.7	71.8	77.7			
An																		25.0	28.0	21.9			
Or																		0.3	0.2	0.4			
Almandin	63.1	62.1	61.9	60.1	61.9	62.5	61.9																
Andradite	0.0	0.3	0.7	0.4	0.5	0.9	1.7																
Grossulaire	20.3	21.3	20.0	21.2	20.7	19.7	18.7																
Pyrope	15.0	14.1	14.5	14.0	15.5	14.6	15.3																
Spessartine	1.6	2.2	2.9	4.4	1.4	2.3	2.4																

échantillon	Biotitite à grenat (Mamb) - MA23															
minéral	Bt					Pl			Scap					Ep		
N° sonde	116	117	122	128	129	123	125	130	114	115	124	127	132	119	120	134
	1b	1b	1b	2a	2a	1b	2a-incl	2a	1a	1a	1c	2a	2a	1b	1b	2b
SiO2	37.05	36.59	36.95	36.82	36.92	63.77	59.21	62.35	47.53	48.38	47.35	47.53	48.23	37.57	38.09	38.64
TiO2	2.81	2.58	2.80	2.71	2.67	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.18	0.12	0.13
Al2O3	16.99	16.89	16.25	17.09	16.94	22.94	25.28	23.35	25.49	25.00	25.46	25.49	24.54	25.68	25.65	26.28
FeOtot.	17.11	16.89	16.48	16.69	16.37	0.18	0.11	0.20	0.00	0.00	0.08	0.13	0.03	8.75	8.85	8.44
Fe2O3recalc.						0.19	0.12	0.22	0.00	0.00	0.09	0.14	0.03			
MnO	0.06	0.00	0.00	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.12	0.05	0.00	0.25	0.11	0.10
MgO	11.20	11.26	11.44	11.78	11.46	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.10	0.04	0.07
CaO	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	3.83	6.74	4.30	16.09	15.39	15.92	15.62	14.99	22.61	23.12	22.86
Na2O	0.19	0.21	0.21	0.18	0.24	9.09	7.40	8.92	4.36	4.54	4.16	4.32	4.86	0.04	0.00	0.00
K2O	9.20	9.26	9.31	9.42	9.28	0.04	0.05	0.07	0.00	0.05	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
H2O*	4.03	3.98	3.98	4.03	4.00											
Total	98.63	97.69	97.41	98.81	97.91	100.05	98.91	99.41	93.48	93.47	93.27	93.29	92.69	95.17	96.01	96.50
FORMULE STRUCTURALE																
Si	5.52	5.52	5.57	5.48	5.53	2.81	2.67	2.78	7.06	7.17	7.06	7.08	7.21	3.07	3.09	3.10
Al iv	2.48	2.48	2.43	2.52	2.47				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Al vi	0.50	0.52	0.45	0.48	0.52				4.46	4.36	4.47	4.47	4.32			
Al total	2.98	3.00	2.89	3.00	2.99	1.19	1.34	1.23	4.46	4.36	4.47	4.47	4.32	2.48	2.45	2.49
Ti	0.31	0.29	0.32	0.30	0.30				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Fe	2.13	2.13	2.08	2.08	2.05				0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.60	0.60	0.57
Fe3+						0.01	0.00	0.01								
Fe2+																
Mn	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01
Mg	2.49	2.53	2.57	2.61	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Ca	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.18	0.32	0.21	2.56	2.44	2.54	2.49	2.40	1.98	2.01	1.97
Na	0.05	0.06	0.06	0.05	0.07	0.78	0.65	0.77	1.25	1.30	1.20	1.25	1.41	0.01	0.00	0.00
K	1.75	1.78	1.79	1.79	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00											
Total	19.24	19.32	19.27	19.33	19.27	4.98	4.99	4.99	19.79	19.66	19.78	19.78	19.65	8.18	8.18	8.15
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	22	22	8	8	8	24	24	24	24	24	12.5	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.54	0.54	0.55	0.56	0.56											
Ab						80.9	66.4	78.6								
An						18.9	33.4	21.0								
Or						0.2	0.3	0.4								
Mei									67.1	65.2	67.9	66.7	63.1			

échantillon	Amphibolite à épidote - MK4				
N° sonde	Hbl				
minéral	228	230	231	235	236
SiO2	51.55	52.21	47.14	50.97	48.45
TiO2	0.17	0.13	0.72	0.25	0.58
Al2O3	4.91	4.30	9.07	5.59	8.26
FeOtot.	10.31	10.26	12.72	11.24	12.79
MnO	0.35	0.55	0.20	0.34	0.23
MgO	12.67	15.78	12.83	14.90	13.34
CaO	17.07	12.21	11.42	11.86	11.78
Na2O	1.11	0.64	1.48	0.90	1.23
K2O	0.08	0.13	0.38	0.20	0.33
H2O*	2.08	2.08	2.04	2.07	2.07
Total	100.29	98.29	97.99	98.33	99.06
FORMULE STRUCTURALE					
Si	7.43	7.53	6.92	7.38	7.03
Al iv	0.57	0.47	1.08	0.62	0.97
Al vi	0.27	0.26	0.49	0.34	0.44
Al total	0.83	0.73	1.57	0.95	1.41
Ti	0.02	0.01	0.08	0.03	0.06
Fe3+	0.00	0.18	0.31	0.24	0.30
Fe2+	1.24	1.06	1.25	1.12	1.25
Mn	0.04	0.07	0.02	0.04	0.03
Mg	2.72	3.39	2.81	3.22	2.89
Ca	2.64	1.89	1.80	1.84	1.83
Na	0.31	0.18	0.42	0.25	0.35
K	0.01	0.02	0.07	0.04	0.06
OH*	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Total	17.26	17.06	17.25	17.12	17.21
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23
Mg/(Mg+Fe2+)	0.69	0.76	0.69	0.74	0.70

échantillon	Biotitite à grenat - MK2																							
minéral	Grt				Bt									Cal		Ep					Sph			Ru
N° sonde	115	122	123	124	108	109	112	116	117	118	120	125	129	126	128	105	106	107	110	111	103	104	127	113
	2a-bord	2a-bord	2a-interm	2a-cœur	1a	1a	1b	2a	2a	2a	2a	2b	3a	3a	3a	1a-bord	1a-bord	1a-cœur	1b-bord	1b-coeur	1c	1d	3a	2a
SiO2	37.76	38.55	38.49	38.19	37.04	37.10	36.79	36.77	36.70	36.57	36.83	36.96	36.90	0.00	0.00	39.23	40.26	39.40	39.05	39.41	30.33	30.61	30.02	0.00
TiO2	0.12	0.08	0.02	0.13	2.06	1.97	1.77	1.72	1.77	1.79	1.76	1.91	1.88	0.00	0.00	0.06	0.04	0.07	0.09	0.05	38.11	38.00	38.40	99.01
Al2O3	20.92	20.99	21.19	20.77	17.52	16.97	17.15	16.96	17.77	17.31	16.73	17.70	17.23	0.00	0.00	31.18	31.95	31.46	31.99	31.73	1.40	1.36	1.33	0.01
FeOtot.	27.47	27.32	27.56	26.67	18.56	17.42	18.31	18.06	18.82	17.51	18.17	18.00	18.08	1.89	1.87	2.10	1.69	1.57	1.73	1.69	0.54	0.40	0.40	0.24
MnO	0.74	0.57	1.19	1.87	0.03	0.09	0.04	0.17	0.03	0.00	0.02	0.13	0.14	0.41	0.34	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.03	0.08	0.00	0.12
MgO	3.08	2.94	3.67	3.21	10.92	11.34	11.28	11.20	10.90	11.16	11.51	11.16	11.07	0.52	1.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00
CaO	9.55	9.56	8.66	8.41	0.02	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.03	54.78	55.16	24.63	24.51	24.22	24.16	24.70	28.49	28.14	28.17	0.05
Na2O	0.03	0.00	0.03	0.01	0.16	0.19	0.15	0.12	0.09	0.18	0.17	0.16	0.12	0.04	0.01	0.00	0.02	0.04	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.05
K2O	0.00	0.01	0.01	0.00	9.21	9.09	9.37	9.29	9.04	9.20	9.17	9.25	9.57	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	
H2O*					4.04	4.01	4.00	3.98	4.02	3.97	3.99	4.03	4.01											
Total	99.66	100.01	100.82	99.25	99.56	98.27	98.88	98.27	99.14	97.68	98.44	99.29	99.03	57.64	58.40	97.22	98.51	96.79	97.03	97.67	98.97	98.58	98.31	99.47
FORMULE STRUCTURALE																								
Si	2.99	3.04	3.01	3.03	5.50	5.55	5.51	5.54	5.48	5.52	5.53	5.49	5.52	0.00	0.00	3.03	3.06	3.04	3.01	3.02	4.00	4.00	4.00	0.00
Al iv	0.01	0.00	0.00	0.00	2.50	2.45	2.49	2.46	2.52	2.48	2.47	2.51	2.48			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Al vi	1.95	1.95	1.96	1.95	0.56	0.55	0.54	0.55	0.61	0.61	0.50	0.59	0.55			2.83	2.85	2.86	2.90	2.86				
Al total	1.96	1.95	1.96	1.95	3.07	2.99	3.03	3.01	3.13	3.08	2.96	3.10	3.04	0.00	0.00	2.83	2.85	2.86	2.90	2.86	0.22	0.21	0.21	0.00
Ti	0.01	0.00	0.00	0.01	0.23	0.22	0.20	0.19	0.20	0.20	0.20	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.77	3.72	3.84	1.00
Fe					2.30	2.18	2.29	2.27	2.35	2.21	2.28	2.24	2.26	0.05	0.05						0.05	0.00	0.04	0.00
Fe3+	0.04	0.01	0.03	0.01												0.14	0.11	0.10	0.10	0.11	0.01	0.07	0.00	
Fe2+	1.79	1.79	1.77	1.76												0.00	0.00	0.00	0.01	0.00				
Mn	0.05	0.04	0.08	0.13	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Mg	0.36	0.35	0.43	0.38	2.42	2.53	2.52	2.51	2.42	2.51	2.58	2.47	2.47	0.03	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Ca	0.81	0.81	0.73	0.72	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	1.91	1.89	2.04	1.99	2.01	2.00	2.03	4.03	3.94	4.02	0.00
Na					0.05	0.06	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
K					1.74	1.74	1.79	1.78	1.72	1.77	1.76	1.75	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*					4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00											
Total	8.01	7.98	8.00	7.98	19.31	19.29	19.39	19.37	19.33	19.36	19.38	19.33	19.37	2.01	2.01	8.05	8.02	8.02	8.03	8.04	12.09	11.93	12.11	1.00
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	22	22	22	22	22	22	22	22	22	6	6	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	2	2	2	2
Mg/(Mg+Fe2+)	0.17	0.16	0.19	0.18	0.51	0.54	0.52	0.53	0.51	0.53	0.53	0.52	0.52											
Almandin	58.99	59.46	58.61	58.37																				
Andradite	1.81	0.42	1.49	0.55																				
Grossulaire	25.35	27.07	22.86	23.84																				
Pyrope	12.18	11.77	14.37	12.96																				
Spessartine	1.67	1.28	2.64	4.28																				

échantillon	Amphibolite à grenat - MK5																
minéral	Grt								Hbl								
N° sonde	32	24	38	39	40	41	42	46	28	30	34	35	36	44	45	47	53
	1a	1c	1d-bord	1d	1d-cœur	1d	1d-bord	1e	1c	1a	1d	1d	1d	1d	1d	1e	1e
SiO2	39.12	38.73	38.09	38.75	38.83	38.65	38.60	38.54	43.02	43.28	43.06	42.95	42.50	42.58	42.44	43.01	42.51
TiO2	0.05	0.08	0.02	0.09	0.04	0.03	0.01	0.05	0.84	0.73	0.83	0.98	0.74	0.75	1.32	0.64	0.87
Al2O3	21.43	21.09	21.17	21.57	21.15	21.37	21.60	21.15	13.67	13.30	13.64	13.79	13.83	13.44	13.73	13.42	13.46
FeOtot.	22.77	23.66	23.67	23.26	23.22	23.41	23.35	23.85	15.29	16.44	16.89	16.15	16.52	17.15	16.29	15.84	15.51
Fe2O3recalc.																	
MnO	0.39	0.97	1.35	0.89	1.01	1.12	1.31	1.16	0.09	0.23	0.20	0.05	0.11	0.14	0.19	0.18	0.06
MgO	3.61	3.54	2.99	3.54	3.51	3.86	3.43	3.41	9.64	9.59	9.45	9.54	9.22	9.19	9.57	9.86	10.18
CaO	13.76	12.04	12.97	12.71	12.41	11.47	12.56	12.34	11.70	11.60	11.20	11.29	11.43	11.41	11.22	11.45	11.71
Na2O	0.06	0.02	0.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	1.76	1.57	1.87	1.94	1.98	1.62	2.03	1.92	1.89
K2O									0.94	0.96	0.98	0.97	0.98	1.06	1.01	0.92	0.98
H2O*									2.01	2.02	2.03	2.02	2.01	2.01	2.02	2.02	2.01
Total	101.17	100.13	100.27	100.83	100.19	99.91	100.87	100.50	98.94	99.72	100.14	99.67	99.31	99.34	99.81	99.25	99.20
Si	3.01	3.02	2.98	3.00	3.02	3.02	2.99	3.00	6.43	6.41	6.35	6.37	6.35	6.35	6.29	6.40	6.34
Al iv	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.57	1.59	1.65	1.63	1.65	1.65	1.71	1.60	1.66
Al vi	1.95	1.94	1.94	1.97	1.94	1.97	1.97	1.94	0.84	0.73	0.72	0.78	0.79	0.72	0.69	0.75	0.70
Al total	1.95	1.94	1.96	1.97	1.94	1.97	1.98	1.94		2.32	2.37	2.41	2.44	2.36	2.40	2.35	2.36
Ti	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.08	0.09	0.11	0.08	0.08	0.15	0.07	0.10
Fe3+									0.11	0.37	0.48	0.31	0.28	0.45	0.38	0.34	0.30
Fe2+	1.43	1.51	1.50	1.48	1.49	1.51	1.49	1.51	1.80	1.66	1.60	1.69	1.78	1.69	1.64	1.63	1.64
Mn	0.03	0.06	0.09	0.06	0.07	0.07	0.09	0.08	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
Mg	0.41	0.41	0.35	0.41	0.41	0.45	0.40	0.40	2.15	2.12	2.08	2.11	2.05	2.04	2.12	2.19	2.26
Ca	1.13	1.01	1.09	1.05	1.04	0.96	1.04	1.03	1.87	1.84	1.77	1.79	1.83	1.82	1.78	1.82	1.87
Na									0.51	0.45	0.53	0.56	0.57	0.47	0.58	0.55	0.55
K									0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.20	0.19	0.17	0.19
OH*									2	2	2	2	2	2	2	2	2
TOTAL	7.96	7.96	7.97	7.98	7.97	7.98	7.98	7.96	17.56	17.47	17.49	17.53	17.59	17.49	17.56	17.55	17.60
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Mg/(Mg+Fe2+)	0.22	0.21	0.19	0.22	0.22	0.23	0.21	0.21	0.54	0.56	0.57	0.55	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58
Almandin	47.0	49.8	48.8	49.1	48.9	50.1	49.0	49.6									
Andradite	1.8	1.5	2.6	1.1	1.3	0.7	1.4	2.2									
Grossulaire	36.4	32.6	33.9	34.2	33.7	31.6	33.5	32.3									
Pyrope	13.9	14.0	11.7	13.7	13.8	15.1	13.3	13.3									
Spessartine	0.9	2.2	3.0	1.9	2.2	2.5	2.9	2.6									

échantillon	Amphibolite à grenat - MK5												
minéral	Pl						Ep				Ru	Sph	
N° sonde	27	31	33	37	43	52	25	26	50	54	49	48	51
	1b	1a	1a	1d	1d	1e	1c	1b	1e	1e	1e	1e	1e
SiO2	64.20	63.06	62.67	62.96	62.19	64.85	38.86	38.90	38.71	38.47	0.00	30.04	30.53
TiO2	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.26	0.17	0.22	0.23	98.83	38.50	39.26
Al2O3	23.16	23.46	23.25	23.69	24.25	22.24	28.66	27.82	27.26	26.74	0.04	1.13	1.16
FeOtot.	0.08	0.04	0.00	0.01	0.08	0.18	5.90	6.85	7.08	7.49	0.39	0.21	0.19
Fe2O3recalc.	0.09	0.05	0.00	0.01	0.09	0.20							
MnO	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.13	0.14	0.04	0.03	0.00	0.10
MgO	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.07	0.07	0.04	0.00	0.04	0.00
CaO	4.23	4.91	4.80	5.09	5.70	3.66	23.57	23.91	24.05	23.83	0.13	28.22	28.56
Na2O	9.05	8.86	8.98	8.50	8.19	9.66	0.02	0.00	0.02	0.00		0.01	0.04
K2O	0.10	0.16	0.12	0.13	0.13	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00		0.03	0.00
Total	100.97	100.59	99.82	100.39	100.64	100.86	97.52	97.86	97.54	96.84	99.43	98.17	99.84
FORMULE STRUCTURALE													
Si	2.81	2.78	2.78	2.77	2.74	2.84	3.05	3.06	3.07	3.08	0.00	4.00	4.00
Al iv							0.00	0.00	0.00	0.00			
Al vi							2.65	2.58	2.54	2.52			
Al total	1.19	1.22	1.22	1.23	1.26	1.15	2.65	2.58	2.54	2.52	0.00	0.18	0.18
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	1.00	3.85	3.86
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.35	0.42	0.46	0.48		0.00	0.00
Fe2+							0.03	0.03	0.01	0.01		0.05	0.06
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00		0.01	0.00
Ca	0.20	0.23	0.23	0.24	0.27	0.17	1.98	2.02	2.04	2.04	0.00	4.03	4.01
Na	0.77	0.76	0.77	0.73	0.70	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.01
K	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
TOTAL	4.98	5.00	5.00	4.98	4.98	4.99	8.11	8.14	8.15	8.15	1.00	12.09	12.09
Nbre d'Ox (Si)	8	8	8	8	8	8	13	13	13	13	2	4 Si	4 Si
Ab	78.99	75.89	76.68	74.59	71.69	82.43							
An	20.41	23.22	22.64	24.66	27.58	17.27							
Or	0.60	0.90	0.69	0.75	0.74	0.31							
Pistachite (%)							11.76	14.07	15.29	16.15			

échantillon	Amphibolite à épidote - MK6-3																	
minéral	Hbl								Bt				Pl					Kfs
N° sonde	1	9	13	16	22	23	29	30	5	19	24	28	4	6	10	14	20	7
	1A	1a	2a	2a	3a	3a	3a	3a	1a	2a	3a	3a	1a	1a	1a	2a	3a	1a
SiO2	42.37	41.90	42.67	43.06	42.29	42.37	41.84	43.88	37.77	37.60	37.47	37.34	65.46	64.65	65.35	64.36	67.83	64.62
TiO2	0.66	0.71	0.95	0.85	0.60	0.50	0.76	0.51	1.89	1.88	1.69	1.64	0.11	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03
Al2O3	14.38	14.33	14.11	13.93	13.85	13.23	14.01	12.85	16.52	16.09	16.03	15.98	22.53	21.95	22.20	22.47	20.04	18.36
FeOtot.	10.39	10.57	9.65	11.97	10.81	11.25	11.87	11.39	15.16	14.64	15.29	15.51						
Fe2O3recalc.	7.02	6.60	6.05	3.47	6.48	5.31	4.63	5.31					0.14	0.13	0.03	0.03	0.01	0.36
MnO	0.22	0.25	0.44	0.31	0.35	0.43	0.24	0.25	0.10	0.16	0.13	0.17	0.01	0.00	0.04	0.00	0.02	0.05
MgO	9.77	9.78	10.12	10.08	9.80	10.06	9.67	10.62	14.31	14.40	14.03	14.10	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.01
CaO	10.68	11.06	10.23	11.23	10.94	11.36	11.23	11.76	0.00	0.00	0.07	0.60	3.27	3.09	2.91	3.59	0.82	0.00
Na2O	2.32	2.11	2.48	2.22	2.20	2.00	2.12	1.78	0.14	0.00	0.07	0.09	9.99	10.29	9.81	9.82	11.65	0.91
K2O	0.69	0.60	0.65	0.44	0.66	0.59	0.62	0.44	9.58	9.62	9.14	8.65	0.07	0.04	0.43	0.08	0.09	14.83
H2O*	2.04	2.03	2.02	2.03	2.03	2.01	2.01	2.05	4.09	4.07	4.04	4.04						
Total	100.54	99.94	99.42	99.60	100.00	99.09	98.98	100.83	99.60	98.46	97.96	98.11	101.57	100.17	100.80	100.35	100.49	99.17
FORMULE STRUCTURALE																		
Si	6.22	6.19	6.29	6.36	6.25	6.32	6.25	6.41	5.52	5.55	5.56	5.54	2.84	2.85	2.86	2.83	2.96	3.00
Al iv	1.78	1.81	1.71	1.64	1.75	1.68	1.75	1.59	2.48	2.45	2.44	2.46						
Al vi	0.71	0.69	0.75	0.78	0.67	0.64	0.72	0.62	0.36	0.34	0.36	0.34						
Al total	2.49	2.50	2.45	2.42	2.41	2.32	2.47	2.21	2.84	2.80	2.80	2.80	1.15	1.14	1.14	1.16	1.03	1.00
Ti	0.07	0.08	0.11	0.09	0.07	0.06	0.09	0.06	0.21	0.21	0.19	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe									1.85	1.81	1.90	1.93						
Fe3+	0.78	0.73	0.67	0.39	0.72	0.60	0.52	0.58					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe2+	1.28	1.31	1.19	1.48	1.34	1.40	1.48	1.39										
Mn	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.14	2.16	2.23	2.22	2.16	2.24	2.15	2.31	3.12	3.17	3.10	3.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.68	1.75	1.62	1.78	1.73	1.81	1.80	1.84	0.00	0.00	0.01	0.10	0.15	0.15	0.14	0.17	0.04	0.00
Na	0.66	0.60	0.71	0.64	0.63	0.58	0.62	0.50	0.04	0.00	0.02	0.03	0.84	0.88	0.83	0.84	0.99	0.08
K	0.13	0.11	0.12	0.08	0.12	0.11	0.12	0.08	1.78	1.81	1.73	1.64	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.88
OH*	2.00	2.00	1.99	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.99	4.00	4.00	4.00						
Total	17.47	17.47	17.45	17.49	17.48	17.50	17.52	17.42	19.37	19.35	19.33	19.34	5.00	5.02	5.00	5.01	5.02	4.97
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	23	23	23	22	22	22	22	8	8	8	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.63	0.62	0.65	0.60	0.62	0.61	0.59	0.62	0.63	0.64	0.62	0.62						
Ab													84.4	85.6	83.8	82.8	95.8	8.50
An													15.2	14.2	13.8	16.7	3.7	0.02
Or													0.4	0.2	2.4	0.5	0.5	91.49

échantillon	Amphibolite à épidote - MK6-3								
minéral	Ep	Ap				Ru			Chl
N° sonde	27	8	11	17	21	2	12	15	25
	3a	1a	2a	2a	3a	1a	2a	2a	3a
SiO2	37.31	0.01	0.02	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	27.69
TiO2	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	99.74	100.17	99.72	0.07
Al2O3	25.42	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	20.27
FeOtot.	9.47	0.12	0.18	0.00	0.06	0.19	0.65	1.11	16.73
Fe2O3recalc.									0.49
MnO	0.33	0.00	0.02	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.27
MgO	0.12	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	20.59
CaO	23.42	55.75	55.53	55.39	55.28	0.07	0.14	0.05	0.22
Na2O	0.04	0.06	0.02	0.04	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.01	0.27
F		2.67	2.68	2.36	2.46	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.01	0.02	0.06	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.01
H2O*									11.74
Total	96.28	58.65	58.54	57.93	57.90	100.08	100.97	100.91	98.35
FORMULE STRUCTURALE									
Si	3.09	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	5.64
Al iv	0.00								2.36
Al vi	2.44								2.52
Al total	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.88
Ti	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.99	0.01
Fe		0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	
Fe3+	0.56								0.07
Fe2+	0.04								2.85
Mn	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Mg	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25
Ca	2.02	10.54	10.50	10.39	10.38	0.00	0.00	0.00	0.05
Na	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
F		1.49	1.49	1.30	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl		0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
P		6.17	6.18	6.22	6.24				
OH*									15.99
Total	8.18	18.25	18.24	17.95	18.03	1.00	1.01	1.01	35.94
Nbre d'Ox (Si)	12.50	26	26	26	26	2	2	2	28
Mg/(Mg+Fe2+)									0.69
Pistachite (%)	18.68								

échantillon	Gneiss à biotite - MK7												
minéral	Pl					Bt			Ep			Sph	Ap
N° sonde	50	53	56	57	63	55	59	60	47	61	65	45	49
	1b	2c	2b	2a	3d	2a	3a	3b	1a	3c	3e	1a	1a-incl ds ép
SiO2	64.20	64.90	65.14	63.39	64.76	36.85	37.02	37.19	38.35	38.52	39.10	30.22	0.02
TiO2	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	2.73	2.10	2.10	0.17	0.13	0.19	38.12	0.01
Al2O3	22.72	21.51	21.77	22.92	21.28	16.29	16.23	16.41	25.92	27.07	26.77	1.17	0.00
FeOtot.						18.28	17.35	18.28	8.59	7.65	7.34	0.28	0.06
Fe2O3recalc.	0.00	0.00	0.06	0.05	0.00								
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.17	0.10	0.12	0.00	0.00	0.08	0.00	0.07
MgO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.68	11.45	11.48	0.11	0.05	0.07	0.00	0.02
CaO	3.86	3.02	2.95	2.59	2.97	0.03	0.05	0.00	22.99	23.62	23.63	28.64	55.58
Na2O	9.67	10.22	10.11	9.11	10.17	0.08	0.07	0.07	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00
K2O	0.18	0.17	0.09	0.83	0.11	9.22	9.54	9.37	0.03	0.00	0.04	0.00	0.01
Cr2O3						0.03	0.01	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
F												0.15	3.38
H2O*						3.98	3.97	4.01					
Total	100.63	99.84	100.12	98.92	99.36	98.33	97.88	99.07	96.16	97.06	97.23	98.60	59.13
FORMULE STRUCTURALE													
Si	2.82	2.87	2.87	2.82	2.87	5.54	5.57	5.54	3.10	3.07	3.11	4.00	0.00
Al iv						2.46	2.43	2.46	0.00	0.00	0.00		0.00
Al vi						0.43	0.46	0.43	2.46	2.54	2.50		
Al total	1.18	1.12	1.13	1.20	1.11	2.89	2.88	2.88	2.46	2.54	2.50	0.18	
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.24	0.24	0.01	0.01	0.01	3.78	0.02
Fe						2.30	2.19	2.28				0.00	0.01
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.54	0.46	0.49	0.03	0.01
Fe2+									0.04	0.05	0.00		
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01		25.92
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.39	2.57	2.55	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Ca	0.18	0.14	0.14	0.12	0.14	0.00	0.01	0.00	1.99	2.02	2.01	0.00	0.01
Na	0.82	0.87	0.86	0.79	0.87	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	4.06	0.00
K	0.01	0.01	0.00	0.05	0.01	1.77	1.83	1.78	0.00	0.00	0.00	0.01	4.64
Cr						0.00	0.00	0.00				0.00	0.00
F													
OH*						3.99	3.98	3.99					
Total	5.01	5.01	5.00	4.99	5.01	19.24	19.31	19.30	8.16	8.15	8.13	12.07	30.61
Nbre d'Ox (Si)	8	8	8	8	8	22	22	22	12.5	12.5	12.5	2	26
Mg/(Mg+Fe2+)						0.51	0.54	0.53					
Ab	81.1	85.1	85.7	82.2	85.6								
An	17.9	13.9	13.8	12.9	13.8								
Or	1.0	0.9	0.5	4.9	0.6								
Pistachite (%)									17.84	15.37	16.26		

échantillon	Amphibolite à grenat - MK8											
minéral	Grt	Hbl				Bt				Pl		
N° sonde	32	34	38	40	44	35	39	42	43	33	37	41
	1a	1a	2a	2b	2c	1b	2a	2b	1a	2c	1c	2b
SiO2	37.62	40.78	41.93	42.67	42.69	35.63	37.46	37.90	37.18	64.35	65.11	65.20
TiO2	0.13	0.43	0.80	0.85	0.59	1.91	2.14	1.97	1.67	0.05	0.00	0.00
Al2O3	21.43	13.94	13.98	14.16	13.07	16.56	16.39	16.64	15.56	22.61	22.32	21.84
FeOtot.	26.10	13.52	11.61	11.31	13.12	19.80	16.02	15.82	18.08			
Fe2O3recalc.	0.80	6.60	6.36	5.70	4.41					0.11	0.00	0.02
MnO	3.77	0.29	0.39	0.25	0.20	0.30	0.11	0.02	0.17	0.00	0.00	0.00
MgO	3.59	7.83	9.23	9.40	9.18	9.84	13.05	12.89	12.48	0.02	0.03	0.00
CaO	7.74	10.62	10.88	10.43	10.79	0.01	0.00	0.12	0.00	3.87	3.46	3.09
Na2O		2.50	2.22	2.30	2.35	0.06	0.18	0.12	0.15	10.00	10.10	10.49
K2O		0.53	0.66	0.74	0.55	9.33	9.11	9.23	9.22	0.06	0.01	0.06
Cr2O3	0.00	0.02	0.04	0.09	0.06	0.02	0.11	0.04	0.08			
H2O*		1.97	2.02	2.03	2.00	3.88	4.05	4.07	4.00			
Total	101.17	99.03	100.12	99.91	99.01	97.35	98.61	98.81	98.59	101.07	101.02	100.69
FORMULE STRUCTURALE												
Si	2.95	6.18	6.22	6.30	6.40	5.50	5.54	5.57	5.57	2.82	2.84	2.86
Al iv	0.05	1.82	1.78	1.70	1.60	2.50	2.46	2.43	2.43			
Al vi	1.94	0.67	0.66	0.77	0.71	0.51	0.40	0.45	0.32			
Al total	1.99					3.01	2.86	2.88	2.75	1.17	1.15	1.13
Ti	0.01	0.05	0.09	0.09	0.07	0.22	0.24	0.22	0.19	0.00	0.00	0.00
Fe						2.55	1.98	1.94	2.27			
Fe3+	0.05	0.75	0.71	0.63	0.50					0.00	0.00	0.00
Fe2+	1.71	1.71	1.44	1.40	1.65							
Mn	0.25	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Mg	0.42	1.77	2.04	2.07	2.05	2.26	2.88	2.82	2.79	0.00	0.00	0.00
Ca	0.65	1.73	1.73	1.65	1.73	0.00	0.00	0.02	0.00	0.18	0.16	0.14
Na		0.74	0.64	0.66	0.68	0.02	0.05	0.03	0.04	0.85	0.85	0.89
K		0.10	0.13	0.14	0.11	1.84	1.72	1.73	1.76	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01			
OH*		1.99	1.99	2.00	2.00	4.00	3.99	3.99	4.00			
Total	8.03	17.56	17.49	17.45	17.52	19.44	19.28	19.22	19.39	5.02	5.01	5.03
Nbre d'Ox (Si)	12	23	23	23	23	22	22	22	22	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.20	0.51	0.59	0.60	0.55	0.47	0.59	0.59	0.55			
Ab										82.1	84.0	85.7
An										17.6	15.9	13.9
Or										0.3	0.0	0.3
Almandin	55.2											
Andradite	2.4											
Grossulaire	19.6											
Pyrope	14.2											
Spessartine	8.5											

Echantillon	micaschiste à chlorite-grenat - MK14											
minéraux	Grt				Mu						Pl	
N° sonde	8	21	34	35	2	7	9	11	26	31	1	6
	1a	3a	4b	4b	1a	1b	2a	2b	3b	4a	1a	1b
SiO2	38.67	38.25	38.74	39.15	48.47	47.98	48.18	48.97	48.21	48.53	63.09	63.33
TiO2	0.02	0.00	0.00	0.00	0.33	0.51	0.79	0.33	0.83	0.90	0.00	0.00
Al2O3	21.99	21.49	21.79	21.91	34.79	34.47	34.13	32.82	34.14	33.51	24.20	24.13
FeO	28.39	29.12	27.39	28.38	1.26	1.15	1.06	1.36	1.17	0.97		
Fe2O3	0.00	0.27	0.35	0.21							0.04	0.00
MnO	1.16	0.95	0.98	1.09	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.06	0.00	0.01
MgO	5.03	4.99	6.35	6.20	1.02	1.16	1.38	1.61	1.18	1.25	0.01	0.03
CaO	5.82	5.40	5.39	4.87	0.06	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	5.36	5.40
Na2O					1.02	1.47	1.64	1.15	1.29	1.29	9.09	8.51
K2O					8.52	8.68	8.84	8.97	8.71	8.99	0.05	0.07
Cr2O3	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.07	0.01	0.01	0.09		
H2O*					4.58	4.56	4.58	4.55	4.57	4.56		
Total	101.1	100.5	101	101.8	100.1	99.97	100.7	99.83	100.1	100.15	101.84	101.5
FORMULE STRUCTURALE												
Si	3.00	3.00	2.99	3.00	6.35	6.31	6.30	6.45	6.33	6.38	2.75	2.76
Al iv	0.00	0.00	0.01	0.00	1.65	1.69	1.70	1.55	1.67	1.62		
Al vi	2.01	1.98	1.98	1.98	3.72	3.65	3.57	3.55	3.61	3.56		
Al total	2.01	1.99	1.99	1.98	5.37	5.34	5.26	5.10	5.28	5.19	1.24	1.24
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.08	0.03	0.08	0.09	0.00	0.00
Fe	1.85	1.92	1.79	1.83	0.14	0.13	0.12	0.15	0.13	0.11		
Fe3+	0.00	0.02	0.02	0.01							0.00	0.00
Fe2+	1.85	1.91	1.77	1.82								
Mn	0.08	0.06	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Mg	0.58	0.58	0.73	0.71	0.20	0.23	0.27	0.32	0.23	0.24	0.00	0.00
Ca	0.48	0.45	0.45	0.40	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.25	0.25
Na					0.26	0.38	0.42	0.29	0.33	0.33	0.77	0.72
K					1.42	1.46	1.48	1.51	1.46	1.51	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01		
OH*					4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00		
Total	8.00	8.00	8.01	8.00	17.78	17.89	17.93	17.86	17.84	17.86	5.01	4.98
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	22	22	22	22	22	22	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.24	0.23	0.29	0.28	0.59	0.64	0.70	0.68	0.64	0.70		
Ab											75.3	73.8
An											24.5	25.9
Or											0.2	0.4
Almandin	61.9	63.3	58.5	60.5								
Andradite	0.0	0.8	1.0	0.6								
Grossulaire	16.1	14.3	13.9	12.8								
Pyrope	19.4	19.5	24.4	23.7								
Spessartine	2.5	2.1	2.2	2.4								
Ouvarovite	0.0	0.0	0.0	0.0								

Echantillon	micaschiste à chlorite-grenat - MK14																			
minéraux	Ep (clinozoïsite)													Ru	Chl					
N° sonde	3	4	15	16	17	18	25	27	28	29	32	33	36	14	5	10	12	13	24	30
	1b	1b	3a-cœur	3a-bord	3a	3a	3b	4a	4a	4a	4a	4b	4b	2b	1b	2a	2b	2b	3b	4a
SiO2	40.01	39.48	39.79	40.31	39.97	40.16	39.70	40.14	39.81	40.15	39.82	39.91	39.98	0.00	26.33	27.10	26.43	26.79	26.34	27.18
TiO2	0.11	0.07	0.05	0.07	0.06	0.07	0.09	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	0.06	96.14	0.07	0.04	0.03	0.06	0.11	0.07
Al2O3	31.84	32.36	32.04	32.68	32.74	32.69	33.50	32.58	32.05	32.16	32.76	32.70	32.43	0.00	22.40	22.44	22.13	21.94	22.60	21.61
FeO	2.20	2.50	2.08	1.41	1.46	1.58	1.45	1.90	1.88	2.20	1.29	1.48	1.34	0.13	21.12	19.86	20.71	20.73	22.87	19.46
Fe2O3															0.74	1.35	0.66	0.60	0.67	1.45
MnO	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.06	0.09	0.05	0.12	0.04	0.00	0.05	0.04	0.14	0.00	0.01	0.19	0.11	0.14
MgO	0.13	0.07	0.05	0.00	0.00	0.07	0.05	0.11	0.04	0.02	0.04	0.00	0.08	0.00	17.23	17.42	17.74	18.12	16.46	17.24
CaO	24.12	23.41	24.25	24.68	24.60	24.16	24.64	23.86	24.19	24.27	24.65	24.75	24.22	0.04	0.00	0.04	0.04	0.00	0.09	0.08
Na2O	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00
K2O	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03
Cr2O3															0.00	0.02	0.07	0.06	0.01	0.01
H2O*															11.69	11.79	11.69	11.78	11.75	11.65
Total	98.40	97.96	98.26	99.27	98.85	98.74	99.54	98.76	98.07	98.95	98.61	98.87	98.21	96.35	99.76	100.08	99.54	100.32	101.04	98.92
FORMULE STRUCTURALE																				
Si	3.05	3.02	3.03	3.03	3.02	3.03	2.98	3.04	3.04	3.04	3.02	3.02	3.04	0.00	5.39	5.49	5.41	5.44	5.36	5.57
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		2.61	2.51	2.59	2.56	2.64	2.43
Al vi	2.85	2.91	2.87	2.89	2.91	2.91	2.94	2.90	2.88	2.87	2.92	2.91	2.90		2.81	2.87	2.76	2.71	2.80	2.82
Al total	2.85	2.91	2.87	2.89	2.91	2.91	2.96	2.90	2.88	2.87	2.92	2.91	2.90	0.00	5.42	5.38	5.35	5.26	5.44	5.24
Ti	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01
Fe														0.00	3.73	3.57	3.65	3.62	4.00	3.56
Fe3+	0.14	0.09	0.13	0.09	0.09	0.09	0.04	0.10	0.12	0.13	0.08	0.09	0.08		0.11	0.21	0.10	0.09	0.10	0.22
Fe2+	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.01	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		3.62	3.37	3.55	3.52	3.90	3.34
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02
Mg	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.26	5.26	5.42	5.49	5.00	5.27
Ca	1.97	1.92	1.98	1.99	1.99	1.96	1.98	1.93	1.98	1.97	2.00	2.01	1.97	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02
Na	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
Cr															0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
OH*															16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Total	8.02	8.03	8.03	8.02	8.02	8.01	8.04	8.01	8.02	8.02	8.02	8.03	8.01	1.00	35.87	35.75	35.88	35.89	35.88	35.72
Nbre d'Ox (Si)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	2	28	28	28	28	28	28
Mg/(Mg+Fe2+)															0.58	0.60	0.60	0.60	0.56	0.60
%Ps	4.66	2.97	4.22	2.97	2.96	3.13	1.33	3.36	3.99	4.49	2.69	3.04	2.84							

échantillon	Amphibolite à grenat - NB5B												
minéral	Grt						Hbl						
N° sonde	157	159	160	2	3	4	151	154	156	161	162	165	5
	2a-bord	2a-cœur	2b-bord	3a-bord	3a-inter.	3a-cœur	1c	1d	2a	2b-bord	2b-cœur	2c-cœur	3b
SiO2	37.95	38.74	37.99	37.86	37.55	38.06	43.34	43.68	44.10	42.82	42.64	43.39	42.66
TiO2	0.14	0.16	0.04	0.00	0.00	0.06	0.52	0.63	0.65	0.38	0.45	0.60	0.67
Al2O3	20.84	21.02	20.98	21.48	21.55	21.38	15.84	15.65	14.96	16.55	16.11	15.47	15.42
FeOtot.	29.25	26.91	25.45	26.12	27.79	28.21	14.36	13.37	13.62	15.03	14.33	14.58	14.40
Fe2O3recalc.													
MnO	0.74	1.31	1.31	1.08	2.56	1.11	0.19	0.20	0.39	0.18	0.21	0.36	0.14
MgO	1.70	2.61	2.90	3.70	3.26	3.67	9.20	10.01	9.90	8.95	9.48	9.62	9.31
CaO	9.94	10.98	10.57	9.74	7.84	8.27	11.16	11.11	11.34	11.60	11.25	10.96	11.45
Na2O	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	1.64	1.69	1.52	1.68	1.58	1.63	1.62
K2O	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.65	0.79	0.63	0.40	0.59	0.72	0.69
H2O*							2.04	2.05	2.05	2.04	2.04	2.05	2.02
Total	100.58	101.75	99.27	99.98	100.56	100.77	98.94	99.17	99.15	99.63	98.68	99.35	98.37
FORMULE STRUCTURALE													
Si	3.01	3.01	3.01	2.98	2.96	2.98	6.37	6.39	6.46	6.28	6.28	6.34	6.34
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.02	1.63	1.61	1.54	1.72	1.72	1.66	1.66
Al vi	1.95	1.93	1.96	1.97	1.97	1.96	1.11	1.09	1.05	1.14	1.07	1.00	1.04
Al total	1.95	1.93	1.96	1.99	2.01	1.98	2.74	2.70	2.58	2.86	2.80	2.66	2.70
Ti	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.07	0.07	0.04	0.05	0.07	0.07
Fe													
Fe3+	0.03	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.28	0.28	0.24	0.30	0.43	0.49	0.21
Fe2+	1.91	1.70	1.67	1.69	1.81	1.82	1.49	1.36	1.43	1.54	1.33	1.29	1.58
Mn	0.05	0.09	0.09	0.07	0.17	0.07	0.02	0.02	0.05	0.02	0.03	0.04	0.02
Mg	0.20	0.30	0.34	0.43	0.38	0.43	2.02	2.18	2.16	1.96	2.08	2.10	2.06
Ca	0.84	0.91	0.90	0.82	0.66	0.69	1.76	1.74	1.78	1.82	1.77	1.72	1.82
Na							0.47	0.48	0.43	0.48	0.45	0.46	0.47
K							0.12	0.15	0.12	0.08	0.11	0.13	0.13
Total	8.00	7.99	8.00	8.02	8.02	8.01	15.32	15.36	15.33	15.38	15.33	15.30	15.41
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	23	23	23	23	23	23	23
Mg/(Mg+Fe2+)	0.10	0.15	0.17	0.20	0.17	0.19	0.58	0.62	0.60	0.56	0.61	0.62	0.57
Almandin	63.1	56.1	55.3	55.5	58.9	59.9							
Andradite	1.6	2.2	1.0	1.3	1.3	1.5							
Grossulaire	26.9	28.2	29.3	26.3	21.1	21.7							
Pyrope	6.8	10.2	11.5	14.6	12.9	14.4							
Spessartine	1.7	2.9	3.0	2.4	5.8	2.5							

échantillon	Amphibolite à grenat - NB5B												
minéral	Bt		Pl				Ep			Chl	Sph		
N° sonde	7	9	164	6	8	10	148	149	152	158	153	155	147
	3c	3d	2c	3b	3c	3d	1a	1b	1c	2a	1c	2a	1a
SiO2	37.18	37.43	62.32	61.95	61.85	61.05	38.56	39.49	39.60	23.90	30.38	30.39	30.52
TiO2	1.64	1.55	0.01	0.01	0.00	0.00	0.13	0.10	0.08	22.19	38.33	38.11	38.64
Al2O3	17.08	17.13	24.11	23.52	23.94	23.94	30.90	32.05	31.91	0.10	1.24	2.12	1.53
FeOtot.	16.18	16.48	0.05	0.01	0.05	0.00	1.88	1.29	1.45	33.71	0.22	0.31	0.15
Fe2O3recalc.			0.05	0.01	0.06	0.00							
MnO	0.13	0.15	0.00	0.00	0.00	0.12	0.03	0.00	0.01	0.47	0.00	0.11	0.00
MgO	12.20	12.78	0.00	0.01	0.02	0.04	0.06	0.01	0.08	7.66	0.00	0.00	0.00
CaO	0.01	0.00	5.41	4.74	5.12	5.22	23.46	24.48	24.42	0.08	28.28	28.95	28.51
Na2O	0.10	0.07	8.57	8.89	8.62	8.41	0.05	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
K2O	8.89	9.02	0.05	0.06	0.09	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O*	4.01	4.06											
Total	97.41	98.66	100.57	99.19	99.75	98.86	95.09	97.42	97.55	88.13	98.47	99.99	99.35
FORMULE STRUCTURALE													
Si	5.57	5.53	2.747	2.765	2.749	2.738	3.04	3.03	3.03	5.26	4.00	4.00	4.00
Al iv	2.43	2.47					0.00	0.00	0.00	2.74			
Al vi	0.58	0.52					2.86	2.89	2.88	3.01			
Al total	3.01	2.99	1.25	1.24	1.25	1.27	2.86	2.89	2.88		3.79	0.02	0.24
Ti	0.18	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	2.79	3.80
Fe	2.03	2.04								6.20	-0.08	3.51	0.02
Fe3+			0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.08	0.09		0.20	1.19	0.00
Fe2+							0.00	0.00	0.00				
Mn	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.07	0.00
Mg	2.72	2.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	2.51	0.01	1.92	0.00
Ca	0.00	0.00	0.26	0.23	0.24	0.25	1.98	2.01	2.00	0.02	2.64	0.01	4.00
Na	0.03	0.02	0.73	0.77	0.74	0.73	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
K	1.70	1.70	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	4.00	4.00											
Total	19.26	19.29	4.99	5.00	5.00	5.00	8.03	8.02	8.02	16.85	10.58	13.52	12.05
Nbre d'Ox (Si)	22	22	8	8	8	8	12.5	12.5	12.5	36	2	2	2
Mg/(Mg+Fe2+)	0.57	0.58								0.29			
Ab			73.9	77.0	74.9	74.1							
An			25.8	22.7	24.6	25.4							
Or			0.3	0.3	0.5	0.5							
Pistachite (%)							4.13	2.78	3.12				

échantillon	Gneiss à amphibole - NS2											
minéral	Hbl					Pl			Ep			
N° sonde	140	141	142	143	144	135	145	146	136	137	138	139
	1a-bord	1a-bord	1a	1b	1b	1a	1b	1b	1a-bord	1a-interm	1a-interm	1a-cœur
SiO2	44.18	43.77	42.98	43.60	44.87	65.39	64.63	65.02	38.76	38.62	38.92	39.11
TiO2	0.41	0.51	0.74	0.55	0.46	0.00	0.00	0.00	0.12	0.30	0.20	0.20
Al2O3	12.96	13.42	14.58	13.67	13.14	22.17	23.10	22.92	25.99	25.44	26.43	27.13
FeOtot.	14.98	15.07	15.92	15.59	14.52	0.00	0.00	0.03	8.96	9.59	8.77	7.60
MnO	0.38	0.29	0.44	0.41	0.39	0.01	0.00	0.00	0.21	0.20	0.00	0.07
MgO	10.76	10.32	9.81	10.63	10.29	0.03	0.02	0.00	0.10	0.07	0.16	0.10
CaO	11.42	11.09	11.18	11.32	11.63	3.48	4.24	4.23	23.61	23.32	23.39	23.66
Na2O	1.81	1.89	2.01	1.94	1.49	9.57	9.16	9.14	0.00	0.03	0.00	0.02
K2O	0.42	0.46	0.66	0.52	0.43	0.07	0.01	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00
H2O*	2.04	2.03	2.05	2.06	2.04							
Total	99.36	98.85	100.35	100.29	99.26	100.73	101.16	101.40	97.76	97.57	97.87	97.87
FORMULE STRUCTURALE												
Si	6.48	6.45	6.28	6.34	6.58	2.86	2.82	2.83	3.09	3.10	3.09	3.09
Al iv	1.52	1.55	1.72	1.66	1.42				0.00	0.00	0.00	0.00
Al vi	0.72	0.78	0.78	0.69	0.85				2.44	2.40	2.47	2.52
Al total	2.24	2.33	2.51	2.34	2.27	1.14	1.19	1.17	2.44	2.40	2.47	2.52
Ti	0.04	0.06	0.08	0.06	0.05				0.01	0.02	0.01	0.01
Fe												
Fe3+	0.54	0.53	0.59	0.68	0.29				0.58	0.60	0.53	0.48
Fe2+	1.30	1.33	1.35	1.22	1.49				0.02	0.04	0.05	0.02
Mn	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Mg	2.35	2.27	2.14	2.31	2.25	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01
Ca	1.79	1.75	1.75	1.76	1.83	0.16	0.20	0.20	2.02	2.00	1.99	2.00
Na	0.51	0.54	0.57	0.55	0.42	0.81	0.77	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.08	0.09	0.12	0.10	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	15.39	15.37	15.44	15.41	15.31	4.98	4.98	4.97	8.18	8.19	8.16	8.14
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	8	8	8	12.5	12.5	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.64	0.63	0.61	0.65	0.60							
Ab						82.9	79.6	79.4				
An						16.7	20.4	20.3				
Or						0.4	0.0	0.3				
Pistachite (%)									19.19	20.00	17.69	15.98

échantillon	Gneiss à biotite - PK05					
minéral	Bt		Ms	Pl	Ep	
N° sonde	222	224	227	223	225	226
	1a	1b	1c	1b	1b	1b
SiO2	36.53	36.49	47.18	65.03	37.92	38.28
TiO2	1.77	1.74	0.50	0.00	0.12	0.16
Al2O3	17.16	17.61	29.14	22.21	28.14	28.34
FeOtot.	18.82	19.35	2.64	0.00	5.50	5.76
MnO	0.00	0.23	0.04	0.00	0.17	0.02
MgO	9.57	9.98	2.17	0.03	0.00	0.06
CaO	0.00	0.00	0.01	3.35	23.32	23.66
Na2O	0.08	0.07	0.23	8.78	0.00	0.05
K2O	9.37	9.21	10.67	0.18	0.00	0.01
H2O*	3.92	3.97	4.34			
Total	97.21	98.64	96.91	99.57	95.18	96.33
FORMULE STRUCTURALE						
Si	5.58	5.51	6.52	2.865	3.05	3.04
Al iv	2.42	2.49	1.48			
Al vi	0.67	0.64	3.27			
Al total	3.09	3.13	4.75	1.154	2.67	2.66
Ti	0.20	0.20	0.05	0.000	0.01	0.01
Fe	2.40	2.44	0.31		0.37	0.38
Mn	0.00	0.03	0.00	0.000	0.01	0.00
Mg	2.18	2.25	0.45	0.002	0.00	0.01
Ca			0.00	0.158	2.01	2.02
Na	0.02	0.02	0.06	0.750	0.00	0.01
K	1.83	1.77	1.88	0.010	0.00	0.00
OH*	4.00	4.00	4.00			
Total	19.31	19.35	18.02	4.938	8.11	8.12
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	8	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.48	0.48	0.59			
Ab				81.7		
An				17.2		
Or				1.1		

Echantillon	Amphibolite à épidote - PK15									
Minéraux	Hbl			Bt	Pl			Ep		
N° sonde	55	59	61	62	53	54	60	56	57	58
	1a	1a	1c	1c	1a	1a	1c	1b-cœur	1b-interm.	1b-bord
SiO2	45.41	43.61	44.01	37.80	64.27	65.16	65.33	39.83	38.23	38.61
TiO2	0.46	0.87	0.68	1.13	0.00	0.00	0.03	0.19	0.18	0.08
Al2O3	11.78	12.90	12.37	15.86	22.86	21.83	22.25	19.92	26.20	26.93
FeO	10.15	12.51	11.15	15.15				6.93	9.10	8.44
Fe2O3	4.73	2.78	4.15		0.05	0.12	0.20			
MnO	0.26	0.11	0.26	0.05	0.00	0.00	0.00	0.14	0.15	0.15
MgO	11.51	10.66	10.81	13.80	0.02	0.00	0.00	0.36	0.11	0.05
CaO	11.19	11.49	11.22	0.07	3.94	3.34	3.31	15.93	23.28	23.53
Na2O	1.67	1.69	1.60	0.13	9.40	9.82	9.81	0.55	0.03	0.01
K2O	0.68	1.33	1.03	9.20	0.09	0.06	0.06	0.09	0.02	0.02
Cr2O3	0.00	0.07	0.00	0.00						
H2O*	2.05	2.03	2.03	4.01						
Total	99.90	100.02	99.31	98.50	100.62	100.34	100.99	83.94	97.29	97.83
FORMULE STRUCTURALE										
Si	6.63	6.44	6.51	5.65	2.82	2.86	2.85	3.58	3.07	3.07
Al iv	1.37	1.56	1.49	2.35				0.00	0.00	0.00
Al vi	0.65	0.68	0.67	0.44				2.10	2.47	2.52
Al total	2.03	2.24	2.16	2.79	1.18	1.13	1.14	2.10	2.47	2.52
Ti	0.05	0.10	0.08	0.13	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Fe	1.76	1.85	1.84	1.89						
Fe3+	0.52	0.31	0.46		0.00	0.00	0.01	0.52	0.53	0.48
Fe2+	1.24	1.54	1.38					0.00	0.08	0.08
Mn	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Mg	2.50	2.35	2.38	3.07	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01
Ca	1.75	1.82	1.78	0.01	0.19	0.16	0.15	1.53	2.00	2.00
Na	0.47	0.48	0.46	0.04	0.80	0.84	0.83	0.10	0.00	0.00
K	0.13	0.25	0.19	1.75	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Cr	0.00	0.01	0.00	0.00						
OH*	2.00	2.00	2.00	4.00						
Total	17.35	17.55	17.43	20.12	4.99	4.99	4.99	7.91	8.19	8.17
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	22	8	8	8	12.5	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2)	0.67	0.60	0.63	0.62						
Ab					80.8	83.9	84.0			
An					18.7	15.8	15.7			
Or					0.5	0.3	0.3			
%Ps								19.76	17.58	16.09

Echantillon	Amphibolite à épidote - PK22												
minéraux	Hbl					Pl				Ep			
N° sonde	3	5	9	11	13	1	2	7	8	4	6	10	12
	1a	1b	2b	2b	2c	1a-cœur	1a-bord	2a-bord	2a-cœur	1b	1b	2b	2c
SiO2	43.35	43.53	43.58	43.70	43.17	63.89	64.68	63.12	62.57	38.38	38.13	38.33	38.26
TiO2	0.73	0.70	0.69	0.89	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.12	0.13	0.16
Al2O3	13.15	13.01	13.15	13.38	13.53	23.42	22.92	23.53	23.91	26.72	26.58	27.07	26.93
FeO	14.02	14.66	14.31	13.35	13.12					8.65	8.67	8.69	7.88
Fe2O3	2.92	1.61	2.81	3.90	4.54	0.13	0.00	0.04	0.00				
MnO	0.20	0.11	0.13	0.32	0.30	0.07	0.02	0.00	0.00	0.18	0.23	0.00	0.19
MgO	9.38	9.38	9.55	9.55	9.59	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.06	0.08	0.10
CaO	11.55	11.80	11.83	11.56	11.81	4.13	3.62	4.51	5.07	24.38	24.16	24.42	24.32
Na2O	1.99	1.73	1.92	1.95	1.92	9.79	9.74	9.10	9.00	0.03	0.01	0.00	0.06
K2O	0.39	0.39	0.46	0.45	0.38	0.07	0.03	0.06	0.09	0.00	0.00	0.01	0.03
Cr2O3	0.07	0.12	0.13	0.05	0.04								
H2O*	2.02	2.01	2.03	2.05	2.05								
Total	99.75	99.04	100.59	101.14	101.23	101.50	101.06	100.36	100.64	98.59	97.95	98.73	97.92
FORMULE STRUCTURALE													
Si	6.44	6.50	6.43	6.40	6.33	2.79	2.82	2.78	2.76	3.04	3.04	3.03	3.04
Al iv	1.56	1.50	1.57	1.60	1.67					0.00	0.00	0.00	0.00
Al vi	0.74	0.79	0.72	0.71	0.67					2.49	2.49	2.52	2.52
Al total	2.30	2.29	2.29	2.31	2.34	1.20	1.18	1.22	1.24	2.49	2.49	2.52	2.52
Ti	0.08	0.08	0.08	0.10	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe													
Fe3+	0.33	0.18	0.31	0.43	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.51	0.48	0.48
Fe2+	1.74	1.83	1.77	1.64	1.61					0.06	0.07	0.09	0.04
Mn	0.02	0.01	0.02	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01
Mg	2.08	2.09	2.10	2.09	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	1.84	1.89	1.87	1.81	1.86	0.19	0.17	0.21	0.24	2.07	2.06	2.07	2.07
Na	0.57	0.50	0.55	0.55	0.55	0.83	0.82	0.78	0.77	0.00	0.00	0.00	0.01
K	0.07	0.07	0.09	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00								
OH*	2	2	2	2	2								
Total	17.48	17.46	17.51	17.45	17.47	5.02	5.00	5.00	5.01	8.20	8.21	8.20	8.20
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	8	8	8	8	12.5	12.5	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.54	0.53	0.54	0.56	0.57								
Ab						80.8	82.8	78.2	75.9				
An						18.8	17.0	21.4	23.6				
Or						0.4	0.2	0.4	0.5				
Pistachite (%)										17.00	16.89	16.10	16.08

échantillon	Amphibolite à grenat - PK18-1																							
minéral	Grt				Hbl													Pl				Ep	Chl	
N° sonde	81	89	96	100	79	83	85	86	87	90	91	93	94	98	102	103	105	82	88	97	101	107	95	104
	1a	2a	3c	3d	1a	1a	1b	1b	2a	2a	2a	3a	3a	3c	3d	4a	4a	1a	2a	3c	3d	4b	3b	4a
SiO2	38.76	38.39	37.83	38.32	41.12	43.32	43.49	42.57	43.62	42.25	42.73	42.73	43.19	42.28	43.46	42.61	42.79	62.28	62.61	62.48	62.57	37.73	26.10	26.08
TiO2	0.00	0.00	0.15	0.04	0.43	0.38	0.47	0.48	0.48	0.62	0.55	0.55	0.52	0.58	0.61	0.57	0.65	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.08	0.05
Al2O3	21.64	22.04	21.75	21.31	15.46	14.21	15.05	14.84	13.77	15.22	13.81	13.91	15.08	14.85	14.51	15.06	14.59	23.50	23.37	23.71	22.90	27.54	22.01	21.65
FeOtot.	23.26	22.15	25.32	24.63	13.13	12.82	14.35	13.89	14.05	13.85	12.54	13.75	13.27	14.38	13.46	14.51	14.01					6.68	19.59	19.05
Fe2O3recalc.	0.60	0.25	0.10	0.00	3.50	3.84	1.95	3.02	2.06	2.65	3.22	1.95	3.22	1.57	2.58	1.66	2.01	0.17	0.05	0.14	0.22		0.62	0.90
MnO	0.50	0.43	1.67	1.59	0.28	0.35	0.25	0.35	0.25	0.29	0.30	0.26	0.21	0.21	0.28	0.24	0.24	0.00	0.07	0.00	0.03	0.08	0.21	0.21
MgO	6.22	6.30	4.10	4.45	8.29	9.05	8.39	8.36	9.08	8.49	9.01	8.88	8.75	8.73	9.05	8.63	9.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	17.98	17.62
CaO	9.29	10.02	9.01	8.57	11.42	11.54	11.51	11.49	11.58	11.59	11.02	11.58	11.55	11.77	11.45	11.90	11.87	5.00	4.94	4.95	4.63	24.18	0.00	0.09
Na2O					1.70	1.60	1.55	1.62	1.68	1.75	1.63	1.51	1.50	1.75	1.75	1.64	1.70	8.76	8.99	9.03	9.00	0.03	0.02	0.01
K2O					0.51	0.30	0.38	0.42	0.34	0.37	0.45	0.29	0.43	0.47	0.42	0.40	0.44	0.08	0.07	0.09	0.16	0.00	0.05	0.01
H2O*					1.97	2.01	2.02	2.00	2.01	2.00	1.98	1.98	2.02	1.99	2.01	2.00	2.01						11.58	11.45
Total	100.25	99.58	99.93	98.90	97.81	99.42	99.40	99.03	98.89	99.08	97.23	97.38	99.75	98.59	99.57	99.22	99.40	99.82	100.09	100.40	99.53	96.34	98.25	97.11
FORMULE STRUCTURALE																								
Si	2.99	2.97	2.97	3.02	6.22	6.41	6.44	6.35	6.50	6.30	6.46	6.46	6.37	6.34	6.42	6.35	6.35	2.76	2.77	2.76	2.79	3.03	5.39	5.45
Al iv	0.01	0.03	0.03	0.00	1.78	1.59	1.56	1.65	1.50	1.70	1.54	1.54	1.63	1.66	1.58	1.65	1.65					0.00	2.61	2.55
Al vi	1.96	1.98	1.98	1.98	0.98	0.89	1.07	0.96	0.92	0.98	0.92	0.94	0.99	0.96	0.95	0.99	0.90					2.60	2.77	2.79
Al total	1.97	2.01	2.01	1.98	2.76	2.48	2.63	2.61	2.42	2.68	2.46	2.48	2.62	2.62	2.53	2.64	2.55	1.23	1.22	1.23	1.20	2.60	5.37	5.34
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Fe3+	0.03	0.01	0.01	0.00	0.40	0.43	0.22	0.34	0.23	0.30	0.37	0.22	0.36	0.18	0.29	0.19	0.22	0.01	0.00	0.00	0.01	0.40	0.10	0.14
Fe2+	1.50	1.43	1.66	1.63	1.66	1.59	1.78	1.73	1.75	1.73	1.58	1.74	1.64	1.80	1.66	1.81	1.74					0.05	3.39	3.33
Mn	0.03	0.03	0.11	0.11	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.04
Mg	0.71	0.73	0.48	0.52	1.87	2.00	1.85	1.86	2.02	1.89	2.03	2.00	1.93	1.95	1.99	1.92	2.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	5.54	5.48
Ca	0.77	0.83	0.76	0.72	1.85	1.83	1.83	1.84	1.85	1.85	1.78	1.88	1.83	1.89	1.81	1.90	1.89	0.24	0.23	0.23	0.22	2.08	0.00	0.02
Na					0.50	0.46	0.44	0.47	0.49	0.51	0.48	0.44	0.43	0.51	0.50	0.47	0.49	0.75	0.77	0.77	0.78	0.00	0.02	0.01
K					0.10	0.06	0.07	0.08	0.06	0.07	0.09	0.06	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00
OH*					1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	2.00	1.99	1.99	1.99	1.98	1.99	1.99						16.00	15.99
Total	8.01	8.02	8.01	7.98	17.44	17.33	17.33	17.37	17.39	17.42	17.34	17.36	17.32	17.47	17.37	17.43	17.43	3.77	3.79	3.78	3.80	8.17	35.88	35.81
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23					13	36	36
Mg/(Mg+Fe2+)	0.32	0.34	0.22	0.24	0.53	0.56	0.51	0.52	0.54	0.52	0.56	0.54	0.54	0.52	0.55	0.51	0.54						0.62	0.62
Ab																		75.7	76.4	76.4	77.2			
An																		23.9	23.2	23.1	21.9			
Or																		0.4	0.4	0.5	0.9			
Almandin	49.3	46.6	54.6	54.6																				
Andradite	1.7	0.7	0.3	0.0																				
Grossulaire	23.9	27.1	25.2	24.1																				
Pyrope	23.9	24.5	16.2	17.6																				
Spessartine	1.1	0.9	3.7	3.6																				
Pistachite (%)																						13.33		

Echantillon	Clinopyroxénite à actinote - TA6-1																							
Minéraux	Act					Cpx																		
N° sonde	43	45	54	57	58	37	38	39	40	41	42	44	46	47	48	49	50	51	52	53	55	56	59	60
	2b	2b	3b-incl Cpx	3b-incl Cpx	3b-incl Cpx	1a	1a	1a	1a	1a	1a	2b	2a	2a	2a	2b	3a	3a	3a	3a	3b	3b	3b	3b
SiO2	55.44	52.13	50.08	52.48	52.80	54.55	54.99	55.42	55.16	54.01	54.79	54.96	54.61	54.46	54.59	54.44	55.01	54.23	54.42	54.92	53.04	55.20	54.91	55.40
TiO2	0.11	0.20	0.32	0.25	0.20	0.00	0.03	0.02	0.08	0.03	0.00	0.01	0.02	0.07	0.02	0.03	0.04	0.03	0.01	0.03	0.07	0.02	0.03	0.05
Al2O3	3.78	6.42	8.66	6.42	5.86	1.05	1.45	1.06	1.37	0.84	1.19	1.51	1.16	1.54	1.44	1.15	1.34	1.33	0.84	1.51	1.73	1.36	1.26	1.44
FeO	4.70	5.90	5.70	5.36	5.65	3.36	3.25	3.53	2.95	3.02	3.20	3.66	3.27	3.89	3.84	3.33	3.18	3.53	2.93	2.64	2.64	3.34	3.50	2.94
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																			
MnO	0.07	0.10	0.00	0.11	0.20	0.17	0.10	0.22	0.01	0.09	0.08	0.02	0.09	0.13	0.05	0.09	0.14	0.09	0.04	0.15	0.06	0.00	0.16	0.01
MgO	19.31	17.85	16.88	18.07	18.38	15.44	15.77	15.79	15.66	15.85	15.81	15.54	15.36	15.27	15.14	15.52	15.16	15.41	16.05	15.41	16.84	15.31	15.62	15.36
CaO	12.90	12.35	12.18	12.65	12.76	24.33	23.79	24.42	24.44	24.29	24.49	23.59	23.89	23.70	23.70	23.94	24.12	24.02	24.48	24.39	24.15	24.12	24.23	24.21
Na2O	0.61	1.10	1.23	1.13	0.92	0.50	0.63	0.45	0.46	0.61	0.50	0.56	0.52	0.60	0.53	0.55	0.61	0.59	0.35	0.61	0.61	0.63	0.64	0.69
K2O	0.12	0.26	0.40	0.26	0.31	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00
Cr2O3	0.10	0.15	0.60	0.33	0.39	0.00	0.03	0.07	0.00	0.05	0.02	0.06	0.02	0.02	0.05	0.11	0.06	0.03	0.00	0.06	0.15	0.10	0.08	0.03
H2O*	2.15	2.11	2.10	2.13	2.14																			
Total	99.30	98.57	98.15	99.17	99.61	99.40	100.04	100.97	100.13	98.78	100.09	99.91	98.94	99.69	99.39	99.15	99.68	99.25	99.11	99.72	99.31	100.10	100.42	100.13
FORMULE STRUCTURALE																								
Si	7.72	7.39	7.15	7.39	7.41	2.00	2.00	2.00	2.00	1.99	2.00	2.00	2.01	1.99	2.00	2.00	2.01	1.99	2.00	2.00	1.95	2.01	2.00	2.01
Al iv	0.28	0.61	0.85	0.61	0.59																			
Al vi	0.34	0.47	0.61	0.45	0.38																			
Al total	0.62	1.07	1.46	1.06	0.97	0.05	0.06	0.05	0.06	0.04	0.05	0.06	0.05	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.04	0.06	0.07	0.06	0.05	0.06
Ti	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.55	0.70	0.68	0.63	0.66	0.10	0.10	0.11	0.09	0.09	0.10	0.11	0.10	0.12	0.12	0.10	0.10	0.11	0.09	0.08	0.08	0.10	0.11	0.09
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																			
Fe2+	0.55	0.70	0.68	0.63	0.66																			
Mn	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	4.01	3.77	3.59	3.79	3.85	0.84	0.85	0.85	0.85	0.87	0.86	0.84	0.84	0.83	0.83	0.85	0.83	0.84	0.88	0.84	0.92	0.83	0.85	0.83
Ca	1.93	1.88	1.86	1.91	1.92	0.96	0.93	0.95	0.95	0.96	0.96	0.92	0.94	0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94
Na	0.17	0.30	0.34	0.31	0.25	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
K	0.02	0.05	0.07	0.05	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.01	0.02	0.07	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00																			
Total	17.04	17.21	17.26	17.21	17.21	3.99	3.99	3.99	3.98	4.01	4.00	3.98	3.98	3.99	3.98	3.99	3.98	4.00	3.99	3.99	4.03	3.99	4.00	3.98
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Mg/(Mg+Fe2)	0.88	0.84	0.84	0.86	0.85	0.89	0.90	0.89	0.90	0.90	0.90	0.88	0.89	0.88	0.88	0.89	0.89	0.89	0.91	0.91	0.92	0.89	0.89	0.91
%En						44.4	45.5	44.7	44.9	45.3	44.9	45.0	44.7	44.3	44.1	44.9	44.2	44.5	45.5	44.8	47.2	44.4	44.6	44.6
%Fs						5.4	5.3	5.6	4.7	4.8	5.1	5.9	5.3	6.3	6.3	5.4	5.2	5.7	4.7	4.3	4.2	5.4	5.6	4.8
%Wo						50.2	49.3	49.7	50.4	49.9	50.0	49.1	50.0	49.4	49.6	49.7	50.6	49.8	49.9	50.9	48.6	50.2	49.7	50.6

Echantillon	Clinopyroxénite à actinote - TA6-2																					
minéraux	Cpx																					
N° sonde	89	90	92	93	95	96	97	98	99	100	101	104	105	108	109	112	114	115	116	117	118	119
	1a	1a	1a	1b	1b	1b	1c	1c	1c	1c	1c	1d	1e	2a	2a	2b	2c	2c	2d	2d	2d	2d
SiO2	54.31	54.37	54.33	54.66	54.53	54.20	53.64	54.52	54.45	54.41	54.57	54.28	54.19	54.22	54.22	54.09	54.82	53.88	54.41	54.34	54.53	54.33
TiO2	0.00	0.04	0.04	0.01	0.03	0.01	0.05	0.01	0.05	0.03	0.03	0.05	0.06	0.05	0.04	0.00	0.03	0.03	0.00	0.04	0.05	0.04
Al2O3	1.32	1.28	1.20	1.34	1.37	1.28	1.36	1.24	1.33	1.22	1.17	1.40	1.41	1.29	1.37	1.23	1.26	1.37	1.16	1.13	1.57	1.22
FeO	2.87	3.18	2.92	3.21	2.87	3.27	3.95	3.23	3.07	3.00	3.35	3.39	3.39	3.16	3.36	3.27	3.08	3.41	2.93	2.92	3.10	3.30
Fe2O3																						
MnO	0.03	0.10	0.10	0.16	0.05	0.00	0.11	0.16	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.11	0.02	0.00	0.14	0.13	0.00	0.08	0.09	0.13
MgO	16.16	15.84	16.70	15.87	15.75	15.96	15.72	15.63	15.65	15.72	15.78	15.96	15.94	15.86	15.83	15.41	15.52	15.82	15.99	15.81	15.55	15.79
CaO	25.46	24.60	25.08	24.25	24.61	25.12	25.16	25.11	24.97	25.46	25.18	24.87	24.71	24.71	25.28	25.22	24.97	25.03	25.21	25.55	24.66	25.67
Na2O	0.60	0.52	0.58	0.56	0.63	0.56	0.51	0.59	0.50	0.47	0.56	0.54	0.49	0.58	0.56	0.57	0.59	0.51	0.60	0.62	0.66	0.59
K2O	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.08	0.08	0.06	0.08	0.14	0.07	0.00	0.02	0.04	0.05	0.01	0.11	0.02	0.07	0.10	0.14	0.03	0.01	0.00	0.07	0.07	0.03
H2O*																						
Total	100.85	100.00	101.01	100.17	99.99	100.46	100.49	100.52	100.05	100.37	100.71	100.65	100.22	100.05	100.78	99.93	100.45	100.20	100.30	100.56	100.27	101.10
FORMULE STRUCTURALE																						
Si	1.97	1.99	1.97	1.99	1.99	1.98	1.97	1.99	1.99	1.99	1.99	1.98	1.98	1.98	1.97	1.99	2.00	1.97	1.99	1.98	1.99	1.97
Al iv																						
Al vi																						
Al total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03
Fe	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.88	0.86	0.90	0.86	0.86	0.87	0.86	0.85	0.85	0.86	0.86	0.87	0.87	0.87	0.86	0.84	0.84	0.86	0.87	0.86	0.85	0.86
Ca	0.99	0.96	0.97	0.95	0.96	0.98	0.99	0.98	0.98	1.00	0.98	0.97	0.97	0.97	0.99	0.99	0.97	0.98	0.99	1.00	0.96	1.00
Na	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4.01	3.99	4.02	3.99	3.99	4.01	4.01	4.00	3.99	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.01	4.00	3.99	4.01	4.00	4.01	3.99	4.01
Nbre d'Ox (Si)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Mg/(Mg+Fe2+)	90.93	89.88	91.08	89.82	90.72	89.70	87.66	89.60	90.10	90.33	89.37	89.35	89.34	89.95	89.37	89.35	89.97	89.20	90.69	90.63	89.95	89.52
%En	44.8	44.9	45.9	45.2	44.9	44.5	43.6	44.0	44.3	44.0	44.1	44.7	44.8	44.8	44.1	43.6	44.1	44.3	44.7	44.2	44.4	43.8
%Fs	4.5	5.1	4.5	5.1	4.6	5.1	6.1	5.1	4.9	4.7	5.3	5.3	5.3	5.0	5.2	5.2	4.9	5.4	4.6	4.6	5.0	5.1
%Wo	50.7	50.1	49.6	49.7	50.5	50.4	50.2	50.9	50.8	51.2	50.6	50.0	49.9	50.2	50.6	51.2	51.0	50.4	50.7	51.3	50.6	51.1

Echantillon	Clinopyroxénite à actinote - TA7																	Clinopyroxénite - TA6-2			
minéraux	Cpx			Act														Act			
N° sonde	35	39	42	28	30	31	32	33	34	36	37	38	40	41	43	44	45	102	107	110	113
	1b	1c	1d	1a	1a	1a	1b	1b	1b	1b	1c	1c	1c	1d	1d	1e	1e	1d	2a	2a	2b
SiO2	54.60	53.85	53.74	53.57	53.47	53.59	53.54	51.71	52.32	54.05	52.84	53.49	54.33	52.64	54.59	52.43	53.08	53.00	51.67	51.93	51.83
TiO2	0.04	0.02	0.02	0.11	0.14	0.12	0.15	0.19	0.18	0.13	0.20	0.16	0.11	0.13	0.11	0.14	0.16	0.18	0.29	0.23	0.19
Al2O3	1.00	1.00	0.59	4.33	4.07	4.23	4.04	6.06	5.06	4.08	5.31	4.20	3.05	4.87	3.40	5.02	4.14	5.58	6.72	6.28	6.39
FeO	4.16	3.79	3.75	6.16	5.92	6.87	6.07	6.97	6.74	6.53	6.59	6.01	5.46	6.06	6.12	6.39	5.61	4.55	5.41	5.14	5.47
Fe2O3				0.78	0.34	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00
MnO	0.16	0.07	0.16	0.24	0.20	0.18	0.00	0.20	0.13	0.17	0.04	0.00	0.15	0.00	0.19	0.16	0.15	0.17	0.12	0.13	0.14
MgO	15.52	15.93	16.15	18.92	18.94	18.37	19.01	17.74	17.81	18.75	18.16	18.71	19.60	18.24	19.07	18.11	18.38	19.23	18.40	18.22	18.43
CaO	25.12	25.21	25.24	13.25	12.95	13.38	12.92	13.11	13.08	13.28	13.15	13.13	13.44	13.30	13.06	12.87	13.43	12.96	13.03	13.02	12.94
Na2O	0.38	0.47	0.28	0.69	0.74	0.62	0.73	0.90	0.84	0.68	0.99	0.82	0.48	0.78	0.60	0.82	0.70	0.82	1.04	0.97	1.01
K2O	0.02	0.00	0.00	0.22	0.17	0.22	0.15	0.25	0.21	0.16	0.23	0.16	0.13	0.30	0.13	0.23	0.23	0.27	0.40	0.28	0.33
Cr2O3	0.06	0.11	0.12	0.16	0.24	0.32	0.14	0.51	1.47	0.13	0.60	0.17	0.37	0.44	0.52	1.17	0.99	0.24	0.96	0.53	0.14
H2O*				2.15	2.13	2.13	2.12	2.12	2.12	2.14	2.14	2.12	2.13	2.11	2.14	2.12	2.12	2.15	2.14	2.12	2.12
Total	101.06	100.45	100.05	100.60	99.30	100.02	98.91	99.75	99.96	100.07	100.25	98.97	99.24	98.88	99.95	99.60	98.97	100.08	100.19	98.85	98.99
FORMULE STRUCTURALE																					
Si	1.99	1.97	1.98	7.48	7.54	7.54	7.57	7.32	7.39	7.57	7.41	7.56	7.64	7.47	7.64	7.41	7.52	7.39	7.24	7.35	7.33
Al iv				0.52	0.46	0.46	0.43	0.68	0.61	0.43	0.59	0.44	0.36	0.53	0.36	0.59	0.48	0.61	0.76	0.65	0.67
Al vi				0.20	0.22	0.24	0.24	0.33	0.23	0.25	0.29	0.26	0.15	0.29	0.20	0.25	0.21	0.31	0.35	0.39	0.40
Al total	0.00	0.00	0.00	0.71	0.68	0.70	0.67	1.01	0.84	0.67	0.88	0.70	0.51	0.81	0.56	0.84	0.69	0.92	1.11	1.05	1.06
Ti	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
Fe	0.13	0.12	0.12																		
Fe3+				0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
Fe2+				0.72	0.70	0.81	0.72	0.82	0.80	0.76	0.77	0.71	0.64	0.72	0.72	0.76	0.67	0.53	0.63	0.61	0.65
Mn	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
Mg	0.84	0.87	0.89	3.94	3.98	3.85	4.01	3.74	3.75	3.91	3.80	3.94	4.11	3.86	3.98	3.82	3.88	4.00	3.84	3.84	3.89
Ca	0.98	0.99	0.99	1.98	1.96	2.02	1.96	1.99	1.98	1.99	1.98	1.99	2.03	2.02	1.96	1.95	2.04	1.94	1.96	1.97	1.96
Na	0.03	0.03	0.02	0.19	0.20	0.17	0.20	0.25	0.23	0.18	0.27	0.22	0.13	0.22	0.16	0.22	0.19	0.22	0.28	0.26	0.28
K	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.05	0.02	0.04	0.04	0.05	0.07	0.05	0.06
Cr	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.04	0.02	0.06	0.16	0.01	0.07	0.02	0.04	0.05	0.06	0.13	0.11	0.03	0.11	0.06	0.02
OH*				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total	4.00	4.01	4.02	17.21	17.19	17.19	17.18	17.28	17.22	17.18	17.25	17.19	17.15	17.22	17.13	17.21	17.18	17.20	17.30	17.23	17.28
Nbre d'Ox (Si)	6	6	6	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Mg/(Mg+Fe2+)	0.86	0.88	0.88	0.85	0.85	0.83	0.85	0.82	0.82	0.84	0.83	0.85	0.86	0.84	0.85	0.83	0.85	0.88	0.86	0.86	0.86
%En	43.2	44.0	44.4																		
%Fo	6.5	5.9	5.8																		
%Wo	50.3	50.1	49.8																		

Echantillon	Orthopyroxénite à anthophyllite - TA9															
Minéraux	Opx (enstatite)															
N° sonde	64	66	70	74	75	79	84	87	90	93	94	15	18	21	22	23
	1b	1b	1b	1a	2a	2a	3a	3b	3b	3b	3b	4a	4a	4b	4b	4b
SiO2	57.89	58.39	58.18	58.31	58.87	58.39	58.10	58.83	59.00	57.88	58.53	58.66	57.32	57.68	57.88	58.00
TiO2	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Al2O3	1.08	0.77	0.85	0.23	0.34	0.50	0.94	0.37	0.51	0.72	0.51	0.57	1.19	0.76	0.75	0.77
FeO	6.77	6.68	6.49	6.41	6.12	6.78	6.62	6.77	6.36	6.68	6.96	6.13	6.11	6.04	6.64	6.40
MnO	0.00	0.16	0.00	0.15	0.00	0.09	0.12	0.02	0.00	0.10	0.10	0.00	0.05	0.11	0.00	0.11
MgO	33.64	34.10	34.19	33.73	34.83	34.22	33.37	34.22	34.64	34.81	34.40	35.10	34.57	35.47	34.72	34.90
CaO	0.12	0.12	0.03	0.17	0.12	0.11	0.28	0.11	0.07	0.16	0.13	0.14	0.07	0.13	0.06	0.13
Na2O	0.01	0.03	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00
K2O	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.30	0.17	0.26	0.08	0.05	0.07	0.17	0.19	0.05	0.16	0.13	0.07	0.25	0.21	0.16	0.08
Total	99.84	100.4	100	99.09	100.4	100	99.61	100.5	100.6	100.5	100.8	101	99.57	100.4	100.2	100
FORMULE STRUCTURALE																
Si	2.00	2.00	2.00	2.02	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	1.98	2.00	2.00	1.98	1.98	1.99	1.99
Al iv																
Al vi																
Al total	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02
Fe	0.20	0.19	0.19	0.19	0.17	0.19	0.19	0.19	0.18	0.19	0.20	0.17	0.18	0.17	0.19	0.18
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	1.73	1.74	1.75	1.74	1.77	1.75	1.72	1.75	1.76	1.78	1.75	1.78	1.78	1.81	1.78	1.79
Ca	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Total	3.98	3.98	3.98	3.97	3.98	3.98	3.97	3.98	3.98	4.00	3.99	3.98	3.98	4.00	3.99	3.99
Nbre d'Ox (Si)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Mg/(Mg+Fe2)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.91	0.90	0.90	0.90	0.91	0.90	0.90	91.08	90.98	91.29	90.32	90.68
%En	89.7	89.9	90.3	90.1	90.8	89.8	89.5	89.8	90.5	90.0	89.6	90.8	90.9	91.1	90.2	90.5
%Fo	10.1	9.9	9.6	9.6	9.0	10.0	10.0	10.0	9.3	9.7	10.2	8.9	9.0	8.7	9.7	9.3
%Wo	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.5	0.2	0.1	0.3	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2

Echantillon	Orthopyroxénite à anthophyllite - TA9																									
Minéraux	Tr					Anth								Magnesite												
N° sonde	61	69	73	78	16	63	65	83	85	88	89	92	19	62	67	71	72	76	77	80	82	86	91	14	17	20
	1b	1b	1a	2a	4a	1b	1b	3a	3a	3b	3b	3b	4a	1b	1b	1a	1a	2a	2a	2a	3a	3a	3b	4a	4a	4a
SiO2	58.58	58.22	54.29	58.08	58.31	60.17	59.78	58.89	59.82	60.20	60.35	59.95	59.38	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
TiO2	0.00	0.00	0.05	0.03	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	0.45	0.46	5.14	0.73	0.28	0.00	0.00	0.14	0.02	0.09	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.00	0.00	0.00	0.97	0.00	7.55	7.09	7.33	7.53	6.76	7.38	7.97	7.30	4.80	4.21	4.14	4.75	4.77	4.78	6.68	4.51	6.37	4.68	4.23	4.42	4.72
Fe2O3	2.16	2.21	2.41	1.15	3.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00													
MnO	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.07	0.04	0.20	0.13	0.07	0.07	0.02	0.24	0.02	0.03	0.15	0.15	0.09	0.11	0.06	0.00	0.06	0.15	0.06	0.07	0.18
MgO	22.95	23.08	21.44	22.84	25.69	29.57	29.53	28.65	29.19	29.79	29.19	29.44	29.42	44.83	45.09	44.89	45.25	45.14	44.53	43.26	44.81	44.07	45.36	45.08	45.46	45.63
CaO	12.06	12.48	12.12	12.90	9.18	0.32	0.21	0.78	0.51	0.41	0.56	0.56	0.77	0.57	0.48	0.53	0.61	0.51	0.37	0.35	0.48	0.36	0.42	0.49	0.62	0.57
Na2O	0.14	0.15	0.98	0.16	0.12	0.00	0.05	0.05	0.01	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03
K2O	0.04	0.03	0.13	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.26	0.22	1.04	0.39	0.15	0.02	0.00	0.08	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O*	2.19	2.19	2.19	2.19	2.22	2.23	2.21	2.19	2.22	2.23	2.23	2.23	2.21													
Total	98.83	99.05	99.79	99.54	99.90	99.93	98.95	98.30	99.43	99.60	99.91	100.20	99.37	50.48	49.83	49.71	50.85	50.53	49.82	50.34	49.85	50.89	50.61	49.85	50.59	51.13
FORMULE STRUCTURALE																										
Si	8.02	7.97	7.45	7.94	7.89	8.08	8.09	8.06	8.09	8.09	8.11	8.06	8.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al iv	0.00	0.03	0.55	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00													
Al vi	0.07	0.05	0.28	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00													
Al total	0.07	0.07	0.83	0.12	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.22	0.23	0.25	0.23		0.85	0.80	0.84	0.85	0.76	0.83	0.90		0.34	0.30	0.29	0.33	0.33	0.34	0.48	0.32	0.45	0.33	0.30	0.31	0.33
Fe3+	0.22	0.23	0.25	0.12	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00													
Fe2+	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.85	0.80	0.84	0.85	0.76	0.83	0.90	0.83													
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Mg	4.68	4.71	4.38	4.66	5.18	5.92	5.96	5.85	5.88	5.97	5.85	5.90	5.94	5.59	5.65	5.65	5.59	5.61	5.62	5.49	5.63	5.51	5.63	5.65	5.63	5.61
Ca	1.77	1.83	1.78	1.89	1.33	0.05	0.03	0.11	0.07	0.06	0.08	0.08	0.11	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.06	0.05
Na	0.04	0.04	0.26	0.04	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.03	0.02	0.11	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	2.00	2.00	2.00	2.00	2	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2													
Total	16.84	16.89	17.09	16.94	16.90	16.91	16.91	16.93	16.91	16.91	16.90	16.94	16.95	5.99	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Mg/(Mg+Fe2)	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	0.87	0.88	0.87	0.87	0.89	0.88	0.87	0.88													

Echantillon	Orthopyroxénite à anthophyllite - TA9-2																
minéraux	Opx (enstatite)																
N° sonde	3	5	6	9	10	12	14	18	19	20	21	25	29	31	35	38	40
	1a	1a	1b	1c	1c	2a	2b	2c	2c	2c	2c	2d	3a	3a	3a	3a	3b
SiO2	58.61	58.04	58.16	58.42	57.47	58.21	58.61	58.05	57.38	58.01	57.88	58.52	57.63	57.48	59.59	57.56	58.76
TiO2	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00
Al2O3	0.56	0.56	0.82	0.93	0.70	0.77	0.78	0.83	1.09	0.90	0.59	0.85	1.00	1.27	0.12	1.15	0.70
FeO	5.85	6.02	5.46	6.36	6.58	6.60	5.90	6.07	6.19	6.51	6.54	6.58	6.06	6.12	6.03	6.45	6.11
MnO	0.05	0.02	0.00	0.00	0.12	0.14	0.00	0.14	0.00	0.00	0.05	0.07	0.00	0.13	0.02	0.06	0.08
MgO	36.08	36.29	36.11	35.08	35.30	35.00	36.01	35.33	35.54	35.39	35.28	35.19	35.61	35.23	35.47	35.30	35.79
CaO	0.04	0.12	0.09	0.08	0.06	0.14	0.10	0.12	0.09	0.09	0.10	0.15	0.16	0.18	0.04	0.14	0.10
Na2O	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
K2O	0.00	0.02	0.06	0.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01
Cr2O3	0.10	0.18	0.22	0.25	0.15	0.05	0.19	0.18	0.24	0.21	0.16	0.23	0.28	0.38	0.03	0.27	0.09
H2O*																	
Total	101.3	101.3	101	101.1	100.4	100.9	101.6	100.7	100.5	101.1	100.6	101.6	100.8	100.8	101.3	101	102
FORMULE STRUCTURALE																	
Si	1.99	1.97	1.98	1.99	1.97	1.99	1.98	1.98	1.96	1.98	1.98	1.98	1.97	1.96	2.02	1.97	1.99
Al iv																	
Al vi																	
Al total	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04	0.05	0.00	0.05	0.03
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.17	0.17	0.16	0.18	0.19	0.19	0.17	0.17	0.18	0.19	0.19	0.19	0.17	0.17	0.17	0.18	0.17
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	1.82	1.84	1.83	1.78	1.81	1.78	1.81	1.80	1.81	1.80	1.80	1.78	1.81	1.79	1.79	1.80	1.80
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Total	4.00	4.01	4.01	3.99	4.01	4.00	4.00	4.00	4.01	4.00	4.00	4.00	4.01	4.01	3.98	4.01	4.00
Nbre d'Ox (Si)																	
Mg/(Mg+Fe2)	0.92	0.91	0.92	0.91	0.91	0.90	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
%En	91.59	91.29	92.03	90.65	90.44	90.20	91.42	91.02	90.94	90.49	90.42	90.26	91.02	90.82	91.23	90.47	91.10
%Fo	8.33	8.50	7.81	9.21	9.45	9.54	8.39	8.76	8.89	9.33	9.40	9.47	8.69	8.85	8.70	9.27	8.72
%Wo	0.08	0.21	0.16	0.14	0.11	0.26	0.18	0.21	0.17	0.17	0.18	0.28	0.29	0.34	0.08	0.26	0.18

Echantillon	Orthopyroxénite à anthophyllite - TA9-2																					
minéraux	Anth							Tr						Magnésite				Chl (chromifère)			Chromite	
N° sonde	1	4	7	8	11	13	17	2	15	24	32	36	39	16	23	34	37	26	30	33	27	28
	1a	1a	1b	1b	1c	2a	2c	1a	2b	2d	3a	3a	3b	2b	2d	3a	3a	2d	3a	3a	3a-cœur	3a-bord
SiO2	56.70	60.21	59.08	59.54	60.81	59.53	60.04	58.61	58.20	58.60	58.79	58.41	52.85	0.03	0.00	0.03	0.00	31.62	31.25	30.37	0.00	0.01
TiO2	0.00	0.04	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.09	0.02	0.03	0.02	0.00	0.01	0.02	0.04	0.06	0.11
Al2O3	0.86	0.09	0.03	0.02	0.04	0.03	0.01	0.54	0.11	0.46	0.00	1.16	4.85	0.00	0.00	0.00	0.00	16.84	16.86	16.90	10.57	10.99
FeO	0.00	6.79	7.30	6.91	4.59	7.33	6.59	0.00	4.17	0.00	5.13	0.00	0.00	4.56	4.32	4.12	4.49	2.11	2.27	2.55	25.39	25.05
Fe2O3	5.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	2.13	0.93	2.41	2.71					0.51	0.56	0.42		
MnO	0.07	0.06	0.07	0.01	0.05	0.16	0.23	0.00	0.04	0.00	0.15	0.03	0.00	0.38	0.15	0.20	0.17	0.01	0.17	0.03	0.14	0.24
MgO	34.15	30.25	29.74	29.52	30.39	30.45	30.68	24.64	26.40	24.34	29.24	23.75	22.02	45.32	47.10	45.72	46.32	33.18	32.51	31.83	6.51	5.95
CaO	0.11	0.42	0.74	0.58	0.28	0.29	0.29	11.37	7.38	12.08	3.17	12.56	12.49	0.70	0.48	0.20	0.59	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00
Na2O	0.02	0.00	0.02	0.03	0.06	0.00	0.00	0.23	0.04	0.12	0.00	0.32	1.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03
K2O	0.04	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.00	0.02	0.18	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
Cr2O3	0.24	0.05	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.34	0.05	0.22	0.01	0.34	1.38	0.00	0.00	0.00	0.00	2.87	3.11	3.02	54.90	55.24
H2O*	2.25	2.24	2.21	2.21	2.23	2.23	2.24	2.23	2.18	2.22	2.22	2.23	2.17					12.68	12.59	12.36		
Total	100.10	100.14	99.24	98.86	98.50	100.02	100.08	100.75	98.64	100.21	99.63	101.26	99.77	51.01	52.12	50.34	51.57	99.82	99.35	97.60	97.57	97.63
FORMULE STRUCTURALE																						
Si	7.55	8.05	8.01	8.07	8.17	8.00	8.04	7.89	7.99	7.93	7.95	7.85	7.30	0.00	0.00	0.00	0.00	5.97	5.94	5.89	0.00	0.00
Al iv	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.01	0.07	0.00	0.15	0.70					2.03	2.06	2.11		
Al vi	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.09					1.73	1.73	1.75		
Al total	0.14	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.08	0.02	0.07	0.00	0.18	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	3.75	3.79	3.87	3.47	3.60
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
Fe	0.57	0.76	0.83	0.78	0.52	0.82	0.74	0.28	0.48	0.22	0.67	0.24	0.28	0.32	0.29	0.29	0.31				5.91	5.82
Fe3+	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.22	0.09	0.24	0.28					0.07	0.08	0.06		
Fe2+	0.00	0.76	0.83	0.78	0.52	0.82	0.74	0.00	0.48	0.00	0.58	0.00	0.00					0.33	0.36	0.41		
Mn	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.03	0.06
Mg	6.78	6.03	6.01	5.97	6.08	6.10	6.12	4.94	5.40	4.91	5.90	4.76	4.54	5.59	5.65	5.67	5.63	9.34	9.22	9.20	2.70	2.46
Ca	0.02	0.06	0.11	0.08	0.04	0.04	0.04	1.64	1.09	1.75	0.46	1.81	1.85	0.06	0.04	0.02	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.06	0.01	0.03	0.00	0.08	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
K	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.04	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.47	0.46	12.08	12.13
OH*	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					16.00	16.00	16.00		
Total	17.09	16.93	16.99	16.93	16.84	16.99	16.96	16.94	17.01	16.94	17.00	16.96	17.23	6.00	6.00	6.00	6.00	35.91	35.90	35.93	24.21	24.11
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	6	6	6	6	28	28	28	32	32
Mg/(Mg+Fe2)	1.00	0.89	0.88	0.88	0.92	0.88	0.89	1.00	0.92	1.00	0.91	1.00	1.00					0.97	0.96	0.96	0.31	0.30

Echantillon	Hornblendite à épidote - 08.8										
minéraux	Hbl					Bt			Cal		Magn
N° sonde	56	57	61	64	66	62	65	67	63	68	69
	1a	1b	1b	2a	2a	1b	2a	2b	2a	2b	2c
SiO2	41.85	40.29	42.11	42.35	42.06	37.08	37.07	37.04	0.05	0.09	
TiO2	0.88	0.70	1.45	0.86	2.82	2.46	3.09	3.04	0.00	0.03	0.04
Al2O3	13.73	17.00	14.22	13.46	12.98	16.55	15.86	15.58	0.00	0.02	0.00
FeO	12.03	9.71	10.55	11.07	13.02	13.27	15.42	14.90	0.09	0.02	26.50
Fe2O3	3.04	4.54	4.79	3.48	1.38						58.75
MnO	0.05	0.20	0.11	0.16	0.24	0.13	0.00	0.13	0.00	0.10	0.00
MgO	10.28	9.54	10.83	11.07	10.26	14.64	14.24	14.01	0.02	0.03	0.00
CaO	11.02	10.54	11.15	11.34	10.88	0.05	0.03	0.12	56.35	55.14	
Na2O	2.33	2.43	2.26	2.23	2.29	0.15	0.39	0.29	0.05	0.05	
K2O	1.04	0.88	1.04	1.04	0.98	9.29	9.30	8.92	0.00	0.00	
H2O*	1.99	2.00	2.04	2.02	2.00	4.05	4.07	4.03			
Total	98.26	97.83	100.54	99.06	98.92	97.66	99.47	98.07	56.55	55.48	85.28
FORMULE STRUCTURALE											
Si	6.30	6.04	6.18	6.30	6.29	5.49	5.46	5.51	0.00	0.01	
Al iv	1.70	1.96	1.82	1.70	1.71	2.51	2.54	2.49			
Al vi	0.73	1.04	0.64	0.66	0.58	0.39	0.21	0.24			
Al total	2.43	3.00	2.46	2.36	2.29	2.89	2.75	2.73	0.00	0.00	0.00
Ti	0.10	0.08	0.16	0.10	0.32	0.27	0.34	0.34	0.00	0.00	0.00
Fe						1.64	1.90	1.85	0.01	0.00	3.00
Fe3+	0.34	0.51	0.53	0.39	0.15						2.00
Fe2+	1.51	1.22	1.29	1.38	1.63						1.00
Mn	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
Mg	2.31	2.13	2.37	2.45	2.29	3.23	3.13	3.11	0.00	0.00	0.00
Ca	1.78	1.69	1.75	1.81	1.74	0.01	0.01	0.02	5.98	5.95	
Na	0.68	0.71	0.64	0.64	0.66	0.04	0.11	0.08	0.01	0.01	
K	0.20	0.17	0.19	0.20	0.19	1.76	1.75	1.69	0.00	0.00	
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
OH*	2	2	2	2	2	4.00	4.00	4.00			
Total	17.65	17.57	17.59	17.65	17.59	19.36	19.43	19.35	6.00	5.99	3.00
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	23	23	23	6	6	6
Mg/(Mg+Fe2+)	0.60	0.64	0.65	0.64	0.58	0.66	0.62	0.63			
% ulvospinel											0.13
%usp/(usp+mt)											0.13

échantillon	Micaschiste à grenat - 08.11								
minéral	Bt					Pl			Ep
N° sonde	22	25	26	27	30	19	20	31	23
	1b	1b	1b	2a	2a	1a	1a	2b	1b
SiO2	38.26	37.62	37.56	37.80	37.67	66.18	64.81	64.67	38.75
TiO2	2.85	1.81	1.86	1.33	1.58	0.04	0.00	0.00	0.19
Al2O3	17.41	17.45	17.31	16.88	16.70	22.03	22.31	23.07	28.71
FeOtot.	14.53	16.06	15.16	15.82	16.47				5.73
Fe2O3recalc.						0.07	0.01	0.04	
MnO	0.21	0.31	0.16	0.13	0.27	0.07	0.00	0.00	0.04
MgO	11.10	11.73	12.06	12.17	12.27	0.02	0.00	0.00	0.04
CaO	0.15	0.00	0.34	0.00	0.00	2.94	3.39	3.75	23.70
Na2O	0.08	0.06	0.09	0.01	0.11	9.66	9.67	9.40	0.00
K2O	9.58	9.21	9.42	9.65	9.78	0.14	0.08	0.05	0.01
H2O*	4.08	4.05	4.04	4.03	4.05				
Total	98.24	98.28	98.00	97.82	98.89	101.15	100.27	100.98	97.18
FORMULE STRUCTURALE									
Si	5.62	5.57	5.57	5.63	5.58	2.88	2.85	2.82	3.05
Al iv	2.38	2.43	2.43	2.37	2.42				0.00
Al vi	0.64	0.62	0.60	0.59	0.50				2.66
Al total	3.02	3.05	3.03	2.96	2.92	1.13	1.16	1.19	2.66
Ti	0.32	0.20	0.21	0.15	0.18	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe	1.79	1.99	1.88	1.97	2.04				
Fe3+						0.00	0.00	0.00	0.34
Fe2+									0.04
Mn	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.43	2.59	2.67	2.70	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.14	0.16	0.18	2.00
Na	0.02	0.02	0.03	0.00	0.03	0.81	0.82	0.79	0.00
K	1.79	1.74	1.78	1.83	1.85	0.01	0.00	0.00	0.00
OH*	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00				
Total	19.88	19.95	19.97	20.05	20.10	4.97	4.99	4.98	8.11
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	22	22	8	8	8	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.58	0.57	0.59	0.58	0.57				
Ab						84.9	83.4	81.7	
An						14.3	16.1	18.0	
Or						0.8	0.5	0.3	

Echantillon	Amphibolite à épidote - 08.17														
Minéraux	Hbl			Bt			Pl			Ep				Cal	Sph
N° sonde	46	48	50	40	43	51	44	45	52	41	42	47	49	39	38
	1b	2a	2b	1a	1a	2b	1a	1b-second	2b	1a	1a	1b	2a	1a	1a
SiO2	41.66	40.84	40.93	36.46	37.42	36.74	61.35	61.59	61.37	38.64	37.93	38.50	38.38	0.18	30.03
TiO2	1.03	1.17	0.97	2.35	2.39	2.87	0.01	0.00	0.00	0.25	0.27	0.21	0.21	0.00	37.43
Al2O3	14.09	14.16	14.50	16.14	15.82	16.22	24.85	22.21	24.42	26.39	26.25	26.69	26.36	0.03	1.60
FeO	13.82	13.32	13.34	17.69	17.66	17.18				8.71	8.17	9.26	8.79	0.10	0.40
Fe2O3	3.69	4.48	3.75				0.00	0.00	0.00						
MnO	0.30	0.22	0.38	0.22	0.25	0.09	0.00	0.02	0.08	0.11	0.12	0.25	0.08	0.04	0.07
MgO	8.62	8.78	8.61	12.15	11.67	12.04	0.02	0.04	0.00	0.03	0.06	0.10	0.08	0.00	0.00
CaO	11.04	10.89	11.23	0.12	0.05	0.03	5.65	3.68	5.59	23.06	22.86	22.70	22.67	54.50	28.31
Na2O	1.72	1.69	1.58	0.10	0.10	0.15	8.12	7.97	8.22	0.00	0.02	0.00	0.01	0.06	0.05
K2O	1.42	1.95	1.41	8.65	9.01	9.30	0.18	1.27	0.15	0.02	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00
Cr2O3	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01								0.00	
H2O*	1.99	1.99	1.98	3.97	4.01	4.01									
Total	99.38	99.49	98.72	98.75	99.57	99.63	100.17	96.78	99.83	97.20	95.67	97.72	96.57	54.99	97.89
FORMULE STRUCTURALE															
Si	6.26	6.16	6.19	5.51	5.60	5.50	2.72	2.82	2.73	3.09	3.08	3.07	3.09	0.02	4.00
Al iv	1.74	1.84	1.81	2.49	2.40	2.50				0.00	0.00	0.00	0.00		
Al vi	0.76	0.68	0.78	0.38	0.39	0.36				2.48	2.50	2.50	2.49		
Al total	2.50	2.52	2.59	2.87	2.79	2.86	1.30	1.20	1.28	2.48	2.50	2.50	2.49	0.00	0.25
Ti	0.12	0.13	0.11	0.27	0.27	0.32	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	3.74
Fe	2.15	2.19	2.12	2.23	2.21	2.15								0.01	0.03
Fe3+	0.42	0.51	0.43				0.00	0.00	0.00	0.52	0.50	0.50	0.51		0.01
Fe2+	1.74	1.68	1.69							0.06	0.06	0.12	0.08		
Mn	0.04	0.03	0.05	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01
Mg	1.93	1.97	1.94	2.73	2.60	2.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Ca	1.78	1.76	1.82	0.02	0.01	0.00	0.27	0.18	0.27	1.98	1.99	1.94	1.95	5.94	4.04
Na	0.50	0.49	0.46	0.03	0.03	0.04	0.70	0.71	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
K	0.27	0.38	0.27	1.67	1.72	1.78	0.01	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								0.00	
OH*	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00									
Total	17.55	17.63	17.55	19.91	19.97	19.95	4.99	4.98	4.99	8.15	8.16	8.17	8.15	5.99	12.09
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	22	22	22	8	8	8	12.5	12.5	12.5	12.5	6	2
Mg/(Mg+Fe2)	0.53	0.54	0.53	0.55	0.54	0.56									
Ab							71.48	73.56	72.06						
An							27.49	18.75	27.07						
Or							1.03	7.68	0.87						
%Ps										17.25	16.51	16.57	16.85		

Echantillon	Pegmatite - 08.19													
minéraux	Bt		Pl							Ep				Sph
N° sonde	123	125	119	126	129	130	131	132	133	120	121	122	127	128
	2c	2c	2b	2c	1a	1a	1a	1a	1a	2a	2c-bord	2c-cœur	2c	2c
SiO2	36.28	36.43	61.72	61.92	60.69	62.81	62.05	64.04	62.21	38.71	38.19	37.27	39.32	30.06
TiO2	2.87	2.12	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.26	0.27	0.28	0.18	37.34
Al2O3	16.90	16.78	23.55	23.94	24.58	23.70	24.08	23.50	24.59	27.86	27.85	26.66	28.34	1.70
FeO	16.64	17.68								6.29	5.81	6.45	6.17	0.14
Fe2O3recalc.			0.00	0.13	0.00	0.12	0.00	0.02	0.03					
MnO	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	0.35	0.01	0.01	0.16	0.07	0.13	0.00	0.04
MgO	10.70	11.42	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.04	0.10	0.11	0.09	0.08	0.02
CaO	0.00	0.12	5.27	5.49	6.12	5.12	5.26	4.78	5.60	23.60	23.10	21.90	23.87	27.53
Na2O	0.16	0.12	8.61	8.73	7.96	8.81	8.46	8.86	8.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
K2O	9.11	8.58	0.14	0.06	0.12	0.09	0.12	0.07	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.01	0.00												
H2O*	3.93	3.95												
Total	97.48	98.11	99.31	100.30	99.50	100.70	100.31	101.32	101.05	97.01	95.40	92.79	97.96	96.84
FORMULE STRUCTURALE														
Si	5.53	5.52	2.76	2.74	2.71	2.76	2.74	2.79	2.73	3.07	3.07	3.08	3.08	4.00
Al iv	2.47	2.48								0.00	0.00	0.00	0.00	
Al vi	0.57	0.52								2.60	2.63	2.59	2.61	
Al total	3.04	3.00	1.24	1.25	1.29	1.23	1.26	1.21	1.27	2.60	2.63	2.59	2.61	0.27
Ti	0.33	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	3.73
Fe	2.12	2.24												0.01
Fe3+			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.37	0.41	0.39	0.01
Fe2+										0.01	0.02	0.04	0.01	
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
Mg	2.43	2.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Ca	0.00	0.02	0.25	0.26	0.29	0.24	0.25	0.22	0.26	2.00	1.99	1.94	2.00	3.92
Na	0.05	0.04	0.75	0.75	0.69	0.75	0.73	0.75	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	1.77	1.66	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	4.00	4.00												
TOTAL	19.80	19.86	5.00	5.01	4.99	5.00	4.99	4.98	5.00	8.12	8.10	8.10	8.11	11.94
Nbre d'Ox (Si)	22	22	8	8	8	8	8	8	8	12.5	12.5	12.5	12.5	2
Mg/(Mg+Fe2+)	0.53	0.54												
Ab			74.15	73.94	69.71	75.34	73.93	76.71	72.90					
An			25.06	25.72	29.60	24.18	25.40	22.87	26.61					
Or			0.79	0.33	0.69	0.48	0.67	0.42	0.49					
%Ps										13.44	12.35	13.51	13.05	

Echantillon	Amphibolite à grenat - 08.18										
minéraux	Grt										
N° sonde	145	146	147	149	150	157	158	159	160	162	163
	1a-cœur	1a-interm.	1a-bord	1a-cœur	1a-bord	2a-cœur	2a-interm.	2a-interm.	2a-bord	2a-bord	2a-cœur
SiO2	38.37	37.87	38.33	38.01	38.10	38.15	38.34	38.77	38.94	38.82	38.78
TiO2	0.06	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.06
Al2O3	21.51	21.76	21.67	21.58	21.92	21.51	21.45	21.91	22.20	22.09	21.92
FeO	26.11	26.04	26.33	25.34	26.36	25.71	25.89	26.45	26.36	25.97	25.52
Fe2O3	0.75	0.64	0.49	0.65	0.26	0.95	0.57	0.41	0.10	0.00	0.32
MnO	1.57	1.49	1.34	1.48	1.14	1.95	1.75	1.59	1.25	1.24	1.21
MgO	5.17	5.60	5.43	5.63	5.92	4.89	4.81	5.60	5.71	5.86	5.51
CaO	7.57	7.02	7.09	7.41	6.48	8.07	7.84	6.88	7.12	6.87	7.96
Na2O											
K2O											
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
H2O*											
Total	101.09	100.41	100.69	100.10	100.21	101.24	100.67	101.60	101.69	100.87	101.27
FORMULE STRUCTURALE											
Si	2.98	2.95	2.98	2.97	2.97	2.96	2.99	2.98	2.99	2.99	2.99
Al iv	0.02	0.05	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Al vi	1.95	1.96	1.97	1.96	1.98	1.94	1.96	1.97	1.99	2.00	1.98
Al total	1.97	2.00	1.99	1.99	2.01	1.97	1.97	1.99	2.01	2.01	1.99
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	1.74	1.74	1.74	1.69	1.73	1.73	1.72	1.73	1.70	1.68	1.66
Fe3+	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00	0.02
Fe2+	1.69	1.70	1.71	1.65	1.72	1.67	1.69	1.70	1.69	1.68	1.64
Mn	0.10	0.10	0.09	0.10	0.08	0.13	0.12	0.10	0.08	0.08	0.08
Mg	0.60	0.65	0.63	0.66	0.69	0.57	0.56	0.64	0.65	0.67	0.63
Ca	0.63	0.59	0.59	0.62	0.54	0.67	0.65	0.57	0.58	0.57	0.66
Na											
K											
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*											
Total	8.02	8.03	8.02	8.02	8.02	8.03	8.01	8.01	8.01	8.00	8.01
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2)	0.26	0.28	0.27	0.28	0.29	0.25	0.25	0.27	0.28	0.29	0.28
Almandin	55.3	54.8	56.1	53.7	56.1	53.9	55.5	56.0	55.8	55.9	54.2
Andradite	2.2	1.9	1.5	1.9	0.8	2.8	1.7	1.2	0.3	0.0	0.9
Grossulaire	18.9	18.0	18.4	19.0	17.5	19.8	20.2	17.8	19.3	18.9	21.1
Pyrope	20.1	22.0	21.1	22.1	23.2	19.1	18.7	21.5	21.9	22.5	21.2
Spessartine	3.5	3.3	3.0	3.3	2.5	4.3	3.9	3.5	2.7	2.7	2.7

Echantillon	Amphibolite à grenat - 08.18												
minéraux	Hbl			Pl		Ep							
N° sonde	153	161	166	164	165	144	151	152	154	155	156	167	168
	1a	2a	2b	2a	2a	1a	1a-cœur	1a-bord	1a	2a-inclu ds grt	2a-inclu ds grt	2b-bord	2b-cœur
SiO2	42.46	41.99	42.25	62.33	60.67	38.20	38.26	37.82	38.56	38.37	38.17	38.47	38.14
TiO2	0.74	0.51	0.85	0.01	0.00	0.20	0.05	0.16	0.18	0.17	0.18	0.16	0.09
Al2O3	15.61	17.18	15.87	24.30	24.79	26.93	27.11	27.49	27.53	27.14	27.38	27.69	27.09
FeO	10.58	9.09	10.15			7.72	7.98	7.38	7.31	7.60	8.09	7.73	8.98
Fe2O3	4.75	7.68	3.91	0.18	0.17								
MnO	0.15	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.01	0.09	0.01	0.12	0.00
MgO	9.45	9.00	9.87	0.00	0.00	0.17	0.11	0.12	0.19	0.13	0.11	0.12	0.05
CaO	11.00	10.86	10.91	5.37	6.00	22.91	23.10	23.00	22.85	23.29	23.28	23.20	22.40
Na2O	1.80	1.67	1.72	8.32	7.97	0.00	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02
K2O	0.32	0.39	0.66	0.02	0.06	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.01	0.00	0.00										
H2O*	2.03	2.07	2.02										
Total	98.89	100.59	98.20	100.53	99.65	96.15	96.65	96.01	96.67	96.81	97.21	97.49	96.77
FORMULE STRUCTURALE													
Si	6.27	6.10	6.26	2.74	2.70	3.07	3.07	3.04	3.07	3.07	3.04	3.05	3.06
Al iv	1.73	1.90	1.74			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al vi	0.98	1.03	1.03			2.55	2.55	2.60	2.58	2.55	2.57	2.58	2.56
Al total	2.72	2.94	2.77	1.26	1.30	2.55	2.55	2.60	2.58	2.55	2.57	2.58	2.56
Ti	0.08	0.06	0.09	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe	1.83	1.94	1.69										
Fe3+	0.53	0.84	0.44	0.01	0.01	0.45	0.45	0.40	0.42	0.45	0.43	0.42	0.44
Fe2+	1.31	1.10	1.26			0.06	0.09	0.10	0.07	0.06	0.11	0.09	0.16
Mn	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Mg	2.08	1.95	2.18	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Ca	1.74	1.69	1.73	0.25	0.29	1.97	1.98	1.98	1.95	1.99	1.99	1.97	1.93
Na	0.51	0.47	0.49	0.71	0.69	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.06	0.07	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00										
OH*	2.00	2.00	2.00										
Total	17.31	17.23	17.35	4.98	4.99	8.14	8.15	8.15	8.13	8.15	8.16	8.15	8.16
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	8	8	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2)	0.61	0.64	0.63										
Ab				73.6	70.4								
An				26.3	29.3								
Or				0.1	0.3								
%Ps						15.10	14.85	13.28	13.97	14.96	14.38	13.89	14.76

échantillon	Pegmatite - 08.26														
minéral	Bt		Ms	Pl									Ep		
N° sonde	4	16	15	1	2	5	6	10	11	12	13	14	7	8	9
	1a	2d	2d	1a-cœur	1a-bord	1b	1c	2a-bord	2a-cœur	2b-bord	2b-cœur	2c	2a	2a-bord	2a-cœur
SiO2	37.71	37.54	49.13	62.40	62.81	62.00	63.19	63.11	62.90	63.91	62.77	62.35	39.50	39.45	39.64
TiO2	1.97	1.84	0.87	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Al2O3	16.52	16.41	30.12	24.24	23.58	23.96	23.32	23.41	23.62	23.36	23.43	23.82	32.16	31.64	32.10
FeOtot.	15.59	15.58	2.27										2.19	2.46	1.83
Fe2O3recalc.				0.00	0.01	0.10	0.02	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00			
MnO	0.30	0.18	0.12	0.01	0.11	0.01	0.06	0.00	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03
MgO	11.70	11.87	2.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.01	0.00
CaO	0.06	0.09	0.04	5.35	5.00	5.16	4.60	4.65	5.18	4.54	4.68	4.93	24.61	24.22	24.51
Na2O	0.09	0.10	0.31	8.39	8.71	8.34	8.87	8.87	8.42	8.98	8.73	8.62	0.00	0.01	0.03
K2O	9.53	9.71	10.58	0.13	0.06	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09	0.11	0.11	0.03	0.00	0.00
H2O*	4.01	3.99	4.52												
Total	97.48	97.30	100.52	100.53	100.28	99.73	100.21	100.14	100.30	100.94	99.76	99.87	98.54	97.85	98.13
FORMULE STRUCTURALE															
Si	5.64	5.63	6.52	2.75	2.77	2.75	2.79	2.79	2.77	2.80	2.78	2.76	3.01	3.03	3.03
Al iv	2.36	2.37	1.48										0.00	0.00	0.00
Al vi	0.55	0.54	3.23										2.88	2.86	2.88
Al total	2.91	2.90	4.71	1.26	1.23	1.25	1.21	1.22	1.23	1.20	1.22	1.24	2.88	2.86	2.88
Ti	0.22	0.21	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	1.95	1.96	0.25												
Fe3+				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.14	0.12
Fe2+													0.02	0.01	0.00
Mn	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.61	2.66	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.01	0.02	0.01	0.25	0.24	0.25	0.22	0.22	0.24	0.21	0.22	0.23	2.01	1.99	2.00
Na	0.03	0.03	0.08	0.72	0.75	0.72	0.76	0.76	0.72	0.76	0.75	0.74	0.00	0.00	0.00
K	1.82	1.86	1.79	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
OH*	4.00	4.00	4.00												
Total	19.99	20.02	17.97	4.98	4.99	4.98	4.99	4.99	4.98	4.98	4.98	4.99	8.05	8.04	8.03
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	8	8	8	8	8	8	8	8	8	12.5	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.57	0.58	0.67												
Ab				73.4	75.6	73.8	77.2	77.1	74.2	77.7	76.6	75.5			
An				25.9	24.0	25.2	22.1	22.3	25.2	21.7	22.7	23.9			
Or				0.8	0.4	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5	0.7	0.6			

échantillon	Actinotite à biotite - 8.27										
minéral	Act					Bt	Cal				
N° sonde	122	123	126	128	129	124	125	127	131	132	133
	1a-cœur	1a-bord	1b	1b	1a	1a	1b	1b	1a	1a	1a
SiO2	55.48	54.05	54.27	54.79	53.88	38.06	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00
TiO2	0.03	0.02	0.06	0.04	0.04	0.84	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	1.74	2.79	3.31	2.56	2.87	16.93	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
FeOtot.	9.30	9.50	9.87	9.36	9.30	13.95	0.75	0.70	0.57	0.87	0.70
MnO	0.50	0.23	0.30	0.25	0.35	0.21	0.74	0.71	0.70	0.73	0.58
MgO	17.39	16.69	16.48	16.85	16.57	13.89	0.58	0.51	0.42	0.51	0.50
CaO	12.73	12.35	12.61	12.78	12.41	0.14	59.93	56.72	58.87	58.28	59.29
Na2O	0.17	0.23	0.35	0.31	0.35	0.08	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03
K2O	0.06	0.12	0.12	0.14	0.21	8.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O*	2.11	2.08	2.11	2.10	2.08	4.05					
Total	99.56	98.13	99.47	99.20	98.04	97.08	62.03	58.65	60.64	60.39	61.11
FORMULE STRUCTURALE											
Si	7.87	7.78	7.73	7.81	7.77	5.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al iv	0.13	0.22	0.27	0.19	0.23	2.36					
Al vi	0.16	0.25	0.28	0.24	0.26	0.59					
Al total	0.29	0.47	0.56	0.43	0.49	2.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe						1.73	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02
Fe3+	0.04	0.08	0.01	0.00	0.00						
Fe2+	1.06	1.06	1.16	1.12	1.12						
Mn	0.06	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
Mg	3.68	3.58	3.50	3.58	3.56	3.07	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
Ca	1.93	1.90	1.92	1.95	1.92	0.02	1.94	1.94	1.95	1.94	1.95
Na	0.05	0.06	0.10	0.09	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	1.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00					
Total	16.99	16.99	17.04	17.03	17.05	20.06	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	22	6	6	6	6	6
Mg/(Mg+Fe2+)	0.78	0.77	0.75	0.76	0.76	0.64					

échantillon	Amphibolite à grenat - 08.28																		
minéral	Grt										Hbl				Pl	Ep	Chl	Spn	
N° sonde	37	41	43	44	45	47	48	53	54	55	35	42	46	50	52	39	38	40	51
	1a-inter.	1b	2a-cœur	2a-inter.	2a-bord	3a-cœur	3a-inter.	3b-bord	3b-inter.	3b-cœur	1a-bord	1b	2a	3a	3b	1a	1a	1b	3a
SiO2	37.77	37.92	38.53	38.27	38.26	37.66	38.37	38.60	38.74	38.36	42.65	38.91	42.50	41.64	62.39	39.26	24.02	30.23	30.33
TiO2	0.05	0.02	0.19	0.12	0.06	0.14	0.07	0.04	0.03	0.10	0.47	0.08	0.67	0.40	0.02	0.05	0.00	38.50	38.35
Al2O3	21.12	21.16	21.65	21.37	21.55	21.00	21.33	21.44	21.40	21.22	16.09	19.43	14.73	17.25	23.97	32.11	21.75	0.93	1.17
FeOtot.	25.25	24.23	24.31	24.62	23.71	22.80	23.45	22.43	22.86	23.45	14.67	19.01	13.96	15.37		1.63	30.24	0.21	0.28
Fe2O3 recalc.	0.10	0.35	0.00	0.40	0.29	0.28	0.04	0.06	0.00	0.13					0.18		0.43		
MnO	0.95	0.97	1.83	1.28	1.55	5.59	3.31	0.83	0.94	1.19	0.12	0.32	0.23	0.29	0.11	0.00	0.67	0.00	0.00
MgO	3.08	2.81	2.55	3.02	2.60	1.32	2.16	2.76	2.68	2.64	8.72	5.07	9.65	7.67	0.01	0.00	10.05	0.00	0.00
CaO	10.38	11.87	11.69	11.45	12.58	11.12	11.58	13.69	12.91	12.57	11.54	11.83	10.96	11.15	5.12	24.07	0.14	28.18	28.06
Na2O											1.34	0.88	1.57	1.32	8.69	0.04	0.00	0.05	0.01
K2O											0.43	0.38	0.63	0.40	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.03	0.01	0.00
H2O*											2.01	1.97	2.00	2.00			10.95		
Total	98.71	99.33	100.76	100.53	100.60	99.93	100.33	99.85	99.55	99.64	98.24	98.31	97.21	97.81	100.55	97.18	98.27	98.11	98.20
FORMULE STRUCTURALE																			
Si	3.01	3.00	3.00	2.99	2.99	3.00	3.02	3.02	3.03	3.02	6.35	5.91	6.38	6.24	2.75	3.02	5.25	4.00	4.00
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	2.09	1.62	1.76		0.00	2.75		
Al vi	1.98	1.97	1.99	1.97	1.98	1.97	1.98	1.98	1.98	1.97	1.17	1.39	0.98	1.28		2.91	2.87		
Al total	1.98	1.97	1.99	1.97	1.99	1.97	1.98	1.98	1.98	1.97	2.82	3.48	2.61	3.04	1.25	2.91	5.62	0.14	0.18
Ti	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.01	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	3.82	3.79
Fe																	5.60	0.00	0.01
Fe3+	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.23	0.50	0.38	0.36	0.01	0.09	0.07	0.03	0.02
Fe2+	1.68	1.60	1.59	1.61	1.55	1.52	1.54	1.47	1.51	1.54	1.60	1.91	1.37	1.57		0.01	5.53		
Mn	0.06	0.06	0.12	0.09	0.10	0.38	0.22	0.06	0.06	0.08	0.01	0.04	0.03	0.04	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
Mg	0.37	0.33	0.30	0.35	0.30	0.16	0.25	0.32	0.31	0.31	1.94	1.15	2.16	1.71	0.00	0.00	3.28	0.00	0.00
Ca	0.89	1.01	0.98	0.96	1.05	0.95	0.98	1.15	1.08	1.06	1.84	1.92	1.76	1.79	0.24	1.98	0.03	4.00	3.97
Na											0.39	0.26	0.46	0.38	0.74	0.01	0.00	0.01	0.00
K											0.08	0.07	0.12	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.01		
OH*											2.00	2.00	2.00	2.00			16.00		
Total	8.00	8.00	7.99	8.00	8.01	8.00	7.99	7.99	7.98	7.99	17.31	17.26	17.34	17.25	5.00	8.03	35.91	12.00	11.97
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	23	23	23	23	8	12.5	28	2	2
Mg/(Mg+Fe2+)	0.18	0.17	0.16	0.18	0.16	0.09	0.14	0.18	0.17	0.17	0.55	0.38	0.61	0.52			0.37		
Ab															75.2				
An															24.5				
Or															0.3				

Almandin	55.89	53.12	53.26	53.32	51.22	50.30	51.19	48.65	50.78	51.12									
Andradite	0.30	1.06	0.00	1.18	0.86	0.85	0.12	0.17	0.00	0.38									
Grossulaire	29.40	32.56	32.73	30.90	34.35	30.89	32.71	38.47	36.57	35.38									
Pyrope	12.26	11.08	9.95	11.75	10.11	5.26	8.51	10.85	10.54	10.43									
Spessartine	2.15	2.16	4.06	2.84	3.43	12.64	7.43	1.86	2.10	2.69									
Pistachite (%)																3.10			

ANNEXE 4 - ENSEMBLE DES TALCSCHISTES

Compositions chimiques en roche totale																					
Type	Talschistes																				
											à mgn-oliv										
Ech.	BI03	BI04	BI05	BI06	BI07	BI08	BI09	LP06	LP06bis	Mamb	08.03	NG01	NG03	NG03bis	NG04	NG05	NG06	NG07	NG08	NG09	NG12
SiO2	57.79	56.94	58.70	39.32	57.90	55.27	57.84	59.88	56.84	58.74	52.19	58.08	57.04	58.61	59.72	57.17	58.18	59.82	59.55	58.18	57.74
Al2O3	1.66	1.49	1.93	0.55	1.13	1.65	0.96	0.90	0.86	0.79	1.15	1.13	0.86	0.85	1.39	1.43	1.08	1.47	1.18	0.95	0.80
$Fe2O3_{tot.}$	5.80	7.19	5.87	5.71	6.44	11.18	7.17	4.38	5.94	6.68	6.11	6.02	3.70	6.31	5.26	7.01	6.08	5.32	5.05	6.30	6.49
MnO	0.18	0.11	0.13	0.08	0.10	0.13	0.08	0.03	0.10	0.11	0.06	0.14	0.05	0.05	0.05	0.23	0.15	0.06	0.03	0.11	0.09
MgO	28.11	29.19	28.53	35.26	29.45	27.95	29.01	30.07	27.00	28.51	33.38	28.11	24.86	29.47	29.09	30.73	29.75	28.73	29.53	29.10	31.84
CaO	3.02	0.51	0.16	0.85	-	0.34	0.10	-	6.37	-	0.17	3.25	10.71	-	0.15	0.76	2.05	-	-	-	0.31
Na2O	0.18	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K2O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TiO2	-	0.04	0.03	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2O5	-	0.04	-	-	-	-	-	0.04	-	0.09	0.06	0.11	-	-	0.04	0.05	0.06	-	0.03	-	-
PF	3.66	4.19	4.88	18.27	5.07	3.68	5.13	4.67	2.92	4.78	7.11	2.91	2.59	5.12	4.69	3.03	3.13	4.68	4.61	4.86	2.79
Total	100.40	99.70	100.23	100.04	100.09	100.20	100.29	99.97	100.19	99.70	100.23	99.75	99.81	100.41	100.39	100.41	100.48	100.08	99.98	99.50	100.06
Ba	46.97	13.36	59.62	10.60	21.82	28.00	14.87	36.54	8.90	12.50	3.27	20.84	3.94	6.91	13.41	29.13	38.17	-	-	-	7.99
Co	75.59	80.54	67.77	72.72	93.24	86.58	99.77	51.21	90.39	89.20	98	48.10	33.02	82.34	72.89	116.20	67.79	57.03	68.93	80.29	61.51
Cr	2119	2230	2253	1296	2392	2937	1814	1722	2749	3606	2752	1922	850	2100	1900	1808	1920	3243	2075	2255	2139
Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	5.89	14.89	18.52	11.39	20.04	21.83	24.11	-	82.00	25.60	23	7.23	-	22.02	-	17.15	8.88	25.77	-	5.87	9.23
Ga	2.76	2.73	3.21	1.25	3.04	2.82	2.22	2.60	1.72	2.59	3	3.41	3.12	3.29	2.56	2.92	3.21	2.99	2.17	2.87	2.45
Hf	-	0.04	-	-	-	0.06	-	-	-	-	-	-	0.14	-	-	-	0.05	-	-	-	-
Nb	0.16	0.10	0.08	0.08	-	0.12	0.10	-	0.14	-	0	0.13	0.47	0.11	-	0.15	0.10	-	-	0.07	-
Ni	1404	1611	1220	1846	1919	1185	2203	1040	1560	1994	1810	935	626	1863	1685	1050	1141	1287	1668	1713	1122

Rb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr	11.18	-	-	5.64	-	-	-	17.61	13.92	-	-	4.68	36.51	-	-	-	2.92	-	-	3.21	-
Th	0.08	0.11	0.06	-	0.04	0.07	-	0.02	0.04	-	0.1	0.09	0.30	0.10	0.03	0.10	0.08	0.04	-	0.08	0.03
U	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.15	-	0.07	0.03	-	-	0.09	0.18	0.07	0.04	0.08	0.07	0.02	0.04	0.04	0.06
V	31.78	44.67	23.43	10.32	31.07	34.07	9.69	13.26	28.43	-	20.82	30.67	26.08	28.90	22.08	18.51	25.59	21.71	19.74	24.70	20.87
Y	3.13	10.20	1.40	112.10	2.37	10.96	7.72	4.96	3.39	0.68	-	9.87	4.01	3.03	2.18	1.29	38.60	-	0.51	2.93	2.82
Zn	57.27	70.58	57.25	72.79	69.42	78.61	86.83	85.18	76.86	59.80	45	65.82	30.83	56.97	79.83	87.99	89.35	103.10	87.77	51.52	60.68
Zr	-	-	-	-	-	2.33	-	-	-	0.86	-	-	4.96	-	-	-	-	-	-	-	-
La	3.02	23.93	1.34	22.57	0.87	3.38	5.60	64.88	3.00	0.46	0.07	19.06	3.89	2.74	1.05	0.94	87.15	0.10	0.50	0.48	1.12
Ce	24.78	2.35	183.10	0.47	0.93	59.81	28.49	46.51	2.27	4.38	0.16	4.71	2.23	1.08	21.40	23.46	12.10	0.21	4.99	0.18	6.91
Pr	0.94	6.44	0.63	2.40	0.15	1.49	1.87	11.64	0.70	0.14	0.02	5.59	0.96	0.63	0.35	0.28	21.52	0.04	0.22	0.08	0.33
Nd	3.63	24.41	2.41	11.05	0.65	6.20	7.13	36.41	2.73	0.51	0.08	20.33	3.56	2.41	1.47	1.04	77.83	0.15	0.85	0.35	1.26
Sm	0.98	4.21	0.72	2.15	0.16	2.07	2.03	5.57	0.52	0.11	0.02	3.67	0.67	0.47	0.54	0.26	13.18	0.04	0.25	0.12	0.33
Eu	0.24	0.89	0.17	0.70	0.07	0.58	0.50	1.10	0.17	-	0.01	0.81	0.17	0.12	0.13	0.07	2.77	-	0.05	0.05	0.08
Gd	0.83	2.95	1.08	6.45	0.23	2.26	1.62	3.11	0.51	-	-	2.40	0.66	0.42	0.58	0.29	9.31	0.03	0.19	0.25	0.36
Tb	0.16	0.44	0.11	0.69	0.04	0.46	0.35	0.47	0.08	0.02	-	0.40	0.10	0.07	0.11	0.04	1.47	-	0.03	0.04	0.07
Dy	0.96	2.47	0.64	3.87	0.26	3.22	2.31	2.24	0.44	0.10	0.02	2.22	0.64	0.43	0.68	0.25	7.94	0.03	0.21	0.31	0.44
Ho	0.18	0.44	0.11	1.01	0.06	0.68	0.43	0.30	0.09	0.02	0.01	0.40	0.13	0.08	0.13	0.05	1.41	-	0.04	0.07	0.09
Er	0.52	1.21	0.35	2.27	0.19	2.24	1.30	0.67	0.25	0.07	0.02	1.07	0.34	0.25	0.40	0.16	3.73	0.02	0.11	0.20	0.30
Tm	0.09	0.18	0.06	0.16	0.03	0.39	0.24	0.08	0.03	0.01	-	0.16	0.05	0.04	0.07	0.03	0.53	-	0.02	0.03	0.05
Yb	0.73	1.17	0.55	0.39	0.21	2.83	2.02	0.44	0.21	0.10	0.02	1.05	0.28	0.25	0.53	0.20	3.35	0.03	0.17	0.15	0.34
Lu	0.11	0.18	0.08	0.06	0.04	0.45	0.29	0.05	0.03	0.03	-	0.15	0.04	0.04	0.09	0.03	0.47	-	0.03	0.02	0.05

Type	Talcschistes																	Marbre	Talcsch.	Marbre	Serpentinites	
																	dolom	dolom			à talc	
Ech.	MB1	MB2	MB3	LB1	ME1	ME1bis	ME3	ME5	BA1	NB7	NB8	NS3	NS4	PK16	PK20	1GG	HE2	HE4	HE8	HE5	ME4	ME4 bis
SiO2	55.86	39.68	47.66	58.05	50.92	36.91	50.93	55.66	51.25	37.88	58.76	39.60	48.49	55.13	55.00	59.14	44.93	29.22	30.00	11.40	40.99	39.99
Al2O3	1.56	2.11	6.42	1.33	5.53	14.65	6.25	2.37	5.09	1.54	1.88	12.30	3.22	4.05	4.29	1.18	2.08	1.78	13.89	1.43	4.28	4.07
$Fe2O3_{tot.}$	4.62	6.32	6.35	7.84	9.25	10.73	7.47	7.37	7.84	7.54	4.68	11.18	9.50	5.76	6.06	5.73	5.41	5.95	9.79	5.06	10.40	10.47
MnO	0.16	0.08	0.14	0.09	0.05	0.10	0.05	0.04	0.14	0.12	0.02	0.12	0.10	0.03	0.04	0.08	0.06	0.15	0.06	0.21	0.11	0.13
MgO	26.48	35.55	25.83	28.08	28.09	27.27	28.14	28.85	24.27	33.69	29.59	26.45	31.28	29.46	28.88	27.54	27.38	25.37	28.51	25.26	32.36	33.03
CaO	8.61	0.12	7.99	0.05	-	0.23	-	-	7.54	1.41	-	0.77	0.13	-	-	1.09	4.94	11.55	0.75	18.07	0.84	1.40
Na2O	0.10	-	0.38	-	-	-	-	-	0.20	-	-	-	-	-	-	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
K2O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
TiO2	0.03	0.03	0.06	0.04	0.20	0.32	0.26	0.08	0.12	0.02	0.01	0.49	0.15	0.12	0.19	-	0.02	0.23	1.57	0.02	0.07	0.07
P2O5	0.03	0.04	0.05	0.05	0.07	0.21	0.05	0.04	0.03	0.05	0.04	0.59	0.08	0.04	0.03	0.08	0.05	0.04	0.38	0.05	0.05	0.06
PF	3.47	15.46	5.65	4.61	6.35	9.24	6.50	5.36	4.45	17.10	5.31	8.37	7.37	5.92	5.93	4.35	13.60	25.16	14.02	38.18	10.50	11.34
Total	100.91	99.38	100.51	100.14	100.45	99.64	99.64	99.76	100.93	99.34	100.30	99.87	100.33	100.51	100.42	99.25	98.47	99.44	98.97	99.67	99.61	100.56
Ba	7.62	3.11	-	11.44	3.04	12.47	51.83	-	6.52	-	-	9.74	9.77	-	-	16.40	-	6.43	3.17	-	223	91.67
Co	114.20	83.08	65.10	81.19	63.94	87.78	90.91	56.21	67.64	81.91	61.65	87.61	86.17	58.06	82.04	99.70	93	55	78	42	95.17	107.30
Cr	838	1946	1498	2361	2485	574	2849	2203	2944	2816	2306	5496	3502	2575	2273	3597	2971	1371	626	854	2709	2668
Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-	0.30	-	-	-	-	0.7	0.6	0.4	-	-	-
Cu	34.60	53.23	13.49	10.74	53.15	12.35	5.26	37.68	3.71	40.10	10.74	23.27	48.55	81.30	7.22	-	4	-	7	12	9.13	23.03
Ga	2.30	3.32	5.27	3.67	8.90	18.36	7.26	5.14	8.03	2.39	3.86	22.08	6.36	5.76	6.53	2.16	3	2	11	2	5.19	4.88
Hf	0.05	-	0.13	0.05	0.29	1.77	0.44	0.16	0.12	-	0.03	0.59	0.48	0.25	0.27	-	0	1	2	-	0.11	0.06
Nb	-	-	0.17	-	0.16	6.15	0.39	0.16	0.74	0.19	-	5.37	0.51	0.68	1.80	-	-	0	2	-	0.30	0.29
Ni	948	1783	1438	1686	1701	826	1476	1780	1473	1775	1251	1933	1035	1744	2063	2050	2087	875	490	517	1783	1998
Rb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.21	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-
Sr	19.17	-	31.57	-	-	11.84	15.12	-	47.54	8.46	-	6.13	1.58	-	-	-	101	290	9	563	13.97	19.32
Th	0.06	0.03	0.13	0.04	0.02	2.64	0.06	0.33	0.03	0.03	0.02	0.30	0.22	0.02	0.03	0.10	-	-	0.1	-	0.44	0.45
U	0.03	-	0.03	0.11	0.03	0.31	0.17	1.17	0.05	0.03	0.01	0.53	0.05	0.14	0.74	-	-	0.2	0.1	-	0.13	0.18

V	23.09	28.92	45.47	43.88	113.40	97.05	88.70	51.72	68.52	47.40	24.99	125	46.08	55.58	55.53	-	48.25	35.18	184	24.44	85	80.10
Y	11.32	0.33	11.58	1.79	5.31	26.05	1.91	0.64	7.31	0.69	-	43.81	2.39	0.21	5.20	0.51	3	8	11	8	4.03	3.93
Zn	43.76	41.06	59.89	67.33	118.40	123.60	93.68	84.39	60.13	47.11	60.87	155.50	97.47	79.50	93.56	268.00	45	35	63	18	92.15	82.08
Zr	-	-	3.00	1.60	10.39	73.57	14.70	4.75	3.11	-	-	21.73	19.85	8.05	10.08	-	4	30	69	-	3.36	2.21
La	0.75	-	0.64	1.65	23.71	104.80	30.33	1.81	1.54	0.17	-	40.18	1.60	0.26	42.85	0.28	0.28	0.83	0.60	1.18	1.95	1.27
Ce	15.19	-	2.61	10.23	11.67	97.83	30.25	0.40	2.49	0.40	0.17	11.81	3.22	0.14	8.02	16.00	0.72	1.93	2.19	3.00	2.41	1.43
Pr	0.54	-	0.54	0.50	4.78	21.86	6.67	0.38	0.56	0.05	-	7.63	0.43	0.05	12.97	0.11	0.12	0.31	0.45	0.47	0.34	0.19
Nd	3.28	0.07	3.33	2.09	18.72	79.49	22.44	1.59	2.79	0.18	0.06	30.32	1.95	0.17	40.43	0.43	0.65	1.68	2.95	2.41	1.22	0.70
Sm	1.34	0.01	1.25	0.46	2.84	11.62	3.23	0.33	0.99	0.05	0.02	5.92	0.46	0.04	6.18	0.08	0.23	0.63	1.33	0.83	0.24	0.17
Eu	0.32	-	0.30	0.11	0.69	2.88	0.69	0.10	0.22	-	-	0.98	0.02	-	1.46	-	0.12	0.29	0.20	0.46	0.08	0.05
Gd	1.84	0.02	1.61	0.40	1.78	7.90	1.56	0.28	1.09	0.05	0.01	6.62	0.46	0.05	2.72	0.17	0.33	0.93	1.94	1.14	0.35	0.29
Tb	0.33	-	0.29	0.07	0.21	1.16	0.23	0.04	0.20	0.01	-	1.05	0.07	-	0.42	0.01	0.06	0.17	0.34	0.20	0.07	0.05
Dy	2.16	0.04	1.88	0.38	1.11	6.19	1.05	0.20	1.30	0.09	0.02	6.41	0.42	0.05	1.89	-	0.44	1.22	2.24	1.33	0.49	0.40
Ho	0.43	-	0.40	0.07	0.21	1.10	0.14	0.03	0.26	0.03	-	1.32	0.09	-	0.25	0.02	0.10	0.28	0.45	0.28	0.12	0.10
Er	1.16	0.05	1.16	0.21	0.60	3.01	0.32	0.09	0.72	0.08	0.01	3.60	0.24	0.03	0.61	0.05	0.30	0.85	1.21	0.82	0.37	0.31
Tm	0.17	0.01	0.17	0.04	0.09	0.43	0.04	0.01	0.11	0.02	-	0.50	0.03	0.01	0.08	0.01	0.05	0.13	0.15	0.12	0.06	0.05
Yb	1.07	0.12	1.16	0.25	0.59	2.82	0.23	0.09	0.74	0.12	0.02	3.16	0.23	0.04	0.49	0.07	0.31	0.84	0.90	0.77	0.42	0.36
Lu	0.14	0.03	0.17	0.04	0.09	0.40	0.03	0.01	0.10	0.02	-	0.47	0.04	0.01	0.06	0.02	0.05	0.12	0.13	0.12	0.08	0.06

Compositions chimiques en roche totale

Marbre à dolomite									
Echantillon	HE4								
Minéraux	Anth			Chl		Dolom		Ta	
N° sonde	99	101	102	100	103	104	105	106	107
	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1b	1b	1b
SiO2	56.48	56.77	55.81	31.02	30.60	0.00	0.01	62.46	59.55
TiO2	0.00	0.00	0.02	0.02	0.07	0.02	0.00	0.02	0.01
Al2O3	0.15	0.10	0.08	15.89	16.29	0.00	0.00	0.22	0.29
FeO	18.17	16.73	18.90	11.06	10.06	3.25	2.51	2.86	2.65
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.86	1.03				
MnO	0.72	0.49	0.47	0.00	0.00	0.15	0.11	0.12	0.00
MgO	21.94	22.86	21.30	26.41	26.15	19.89	20.48	28.32	27.82
CaO	0.36	0.36	0.16	0.00	0.04	30.43	31.49	0.06	0.02
Na2O	0.02	0.03	0.03	0.00	0.02	0.02	0.00	0.04	0.02
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04
Cr2O3	0.00	0.03	0.01	1.53	1.49	0.00	0.00	0.05	0.03
H2O*	2.11	2.12	2.09	12.10	12.00				
Total	99.95	99.51	98.85	98.88	97.76	53.75	54.61	94.15	90.42
FORMULE STRUCTURALE									
Si	8.01	8.03	8.03	6.14	6.10	0.00	0.00	8.07	8.02
Al iv	0.00	0.00	0.00	1.86	1.90				
Al vi	0.02	0.02	0.01	1.85	1.93				
Al total	0.02	0.02	0.01	3.71	3.84	0.00	0.00	0.03	0.05
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	2.16	1.98	2.27	1.96	1.83	0.25	0.19	0.31	0.30
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.13	0.15				
Fe2+	2.16	1.98	2.27	1.83	1.68				
Mn	0.09	0.06	0.06	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
Mg	4.64	4.82	4.57	7.79	7.77	2.73	2.76	5.46	5.58
Ca	0.05	0.05	0.02	0.00	0.01	3.00	3.04	0.01	0.00
Na	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.24	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	2.00	2.00	2.00	16.00	16.00				
Total	16.98	16.97	16.97	35.83	35.81	6.00	6.00	13.91	13.96
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	28	28	6	6	22	22
Mg/(Mg+Fe2)	0.68	0.71	0.67	0.80	0.81			0.95	0.95

Serpentinite à talc										
Echantillon	ME4									
Minéraux	Mgn	Chl	Ta				Serp			
N° sonde	89	97	90	92	95	96	91	93	94	98
	1a	1a	1a	1b	1a	1a	1a	1b	1b	1c
SiO2		30.27	64.28	63.90	63.04	63.35	41.20	41.62	42.54	42.45
TiO2	0.13	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	0.00	17.86	0.00	0.02	0.09	0.03	4.25	3.58	3.55	2.87
FeO	30.72	8.02	1.90	1.96	1.94	1.92	6.62	7.14	7.34	7.19
Fe2O3	67.86	0.00								
MnO	0.05	0.00	0.04	0.00	0.10	0.14	0.13	0.10	0.17	0.12
MgO	0.00	29.66	29.44	29.16	28.11	28.96	33.81	34.55	33.67	34.40
CaO		0.00	0.00	0.01	0.06	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00
Na2O		0.00	0.00	0.03	0.05	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00
K2O		0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00
Cr2O3		0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.38	0.42	0.32
H2O*		12.32								
total	98.76	98.73	95.69	95.10	93.38	94.45	86.58	87.41	87.69	87.35
FORMULE STRUCTURALE										
Si		5.89	8.12	8.13	8.16	8.12	2.53	2.54	2.58	2.59
Al iv	0.00	2.11								
Al vi		1.99								
Al total		4.10	0.00	0.00	0.01	0.00	0.31	0.26	0.25	0.21
Ti	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	2.99	1.31	0.20	0.21	0.21	0.21	0.34	0.36	0.37	0.37
Fe3+	1.99	0.00								
Fe2+	1.00	1.31								
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Mg	0.00	8.61	5.55	5.53	5.42	5.53	3.09	3.14	3.05	3.12
Ca		0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na		0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
K		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr		0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02
OH*		16.00								
Total	6.01	36.01	13.88	13.88	13.84	13.89	6.31	6.33	6.28	6.30
Nbre d'Ox (Si)	6	28	22	22	22	22	9	9	9	9
Mg/(Mg+Fe2+)		0.87	0.97	0.96	0.96	0.96	0.90	0.90	0.89	0.90
% ulvospinel	0.38									
%usp/(usp+mt)	0.38									

Talcschiste à magnésite-olivine																							
échantillon	08.03																						
minéral	Olivine								Anthophyllite			Trém	Magnesite			Chl			Ta				
N° sonde	97	98	100	104	107	109	114	118	96	105	113	121	102	103	111	99	119	120	101	108	110	115	117
	1a	1c	1b	1d	2b	2a	3a	3c	1a	2b	3a	3d	1d	1d	3a	1c	3d	3d	1b	2b	2a	3b	3c
SiO2	39.92	39.56	39.47	36.70	38.88	40.30	39.77	41.82	58.43	57.79	58.39	59.80	0.01	0.00	0.00	32.36	33.75	33.61	62.81	63.25	62.77	62.58	63.56
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Al2O3	0.04	0.13	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.11	0.00	0.11	0.04	0.00	0.02	14.31	8.73	12.53	0.02	0.05	0.06	0.08	0.01
FeOtot.	15.92	15.49	15.28	16.30	15.95	15.45	15.80	15.48	10.12	8.54	10.59	2.51	4.66	4.71	4.86	2.34	4.04	3.49	1.60	1.60	1.60	1.71	1.16
Fe2O3																2.32	0.00	0.92					
MnO	0.09	0.00	0.17	0.23	0.11	0.14	0.20	0.05	0.24	0.17	0.26	0.05	0.00	0.06	0.12	0.00	0.05	0.00	0.07	0.00	0.06	0.00	0.05
MgO	43.62	44.71	44.31	44.87	46.53	43.96	43.77	42.33	27.50	29.20	27.31	23.25	45.40	46.01	45.01	28.90	34.01	32.22	29.81	29.38	29.03	29.62	29.61
CaO	0.00	0.02	0.00	0.06	0.04	0.04	0.01	0.01	0.31	0.46	0.47	12.49	0.31	0.32	0.42	0.12	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
Na2O	0.01	0.00	0.01	0.04	0.02	0.00	0.02	0.04	0.01	0.03	0.02	0.09	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.04	0.07	0.00
K2O	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.12	0.04	0.00	0.02	0.00	0.05
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.07				1.56	3.20	2.29	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
H2O*									2.18	2.18	2.18	2.23				11.89	12.07	12.32					
Total	99.60	99.92	99.23	98.23	101.56	99.91	99.58	99.78	98.79	98.61	99.23	100.88	50.44	51.09	50.44	93.81	95.90	97.54	94.39	94.28	93.62	94.10	94.44
FORMULE STRUCTURALE																							
Si	1.01	1.00	1.00	0.95	0.97	1.01	1.01	1.05	8.05	7.93	8.04	8.03	0.00	0.00	0.00	6.49	6.70	6.52	8.05	8.10	8.10	8.05	8.11
Al iv									0.00	0.02	0.00	0.00				1.51	1.30	1.48					
Al vi									0.00	0.00	0.00	0.02				1.89	0.75	1.40					
Al total	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	3.40	2.05	2.87	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.34	0.33	0.32	0.35	0.33	0.32	0.33	0.32					0.11	0.11	0.11	0.74	0.69	0.70	0.17	0.17	0.17	0.18	0.12
Fe3+									0.00	0.10	0.00	0.28				0.35	0.00	0.13					
Fe2+									1.17	0.88	1.22	0.00				0.39	0.69	0.57					
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01
Mg	1.64	1.68	1.67	1.73	1.73	1.65	1.65	1.58	5.65	5.98	5.60	4.66	1.88	1.88	1.87	8.64	10.07	9.32	5.70	5.61	5.59	5.68	5.63
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07	0.07	1.80	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01				0.25	0.50	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OH*									2.00	2.00	2.00	2.00	2.01	2.00	2.00	16.00	16.00	16.00					
Total	2.99	3.00	3.00	3.05	3.03	2.99	2.99	2.95	16.95	17.01	16.97	16.82	6.00	6.00	6.00	35.55	36.02	35.85	13.95	13.89	13.90	13.95	13.89
Nbre d'Ox (Si)	4	4	4	4	4	4	4	4	23	23	23	23	6	6	6	28	28	28	22	22	22	22	22
Mg/(Mg+Fe2+)	0.83	0.84	0.84	0.83	0.84	0.84	0.83	0.83	0.83	0.87	0.82	1.00	0.94	0.94	0.94	0.96	0.94	0.94	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98

ANNEXE 5 - UNITE SUPERIEURE (SCHISTES ALUMINEUX ET ROCHES ASSOCIEES)

Compositions chimiques en roche totale

Type	Micaschistes														
	à grt										à grt-(chl)	à grt-ky			
Echantillon	SH1	PK12	NB3	MN1	TA1	HE1	BI17	BOG1	BI2	MK1	BOG5	HA5	ST1	PN2	ST2
SiO2	69.32	65.48	58.83	66.24	60.38	66.77	65.12	67.80	61.66	63.63	67.68	60.50	55.41	55.62	68.97
Al2O3	13.68	11.71	15.05	14.57	17.20	15.09	14.51	14.10	17.04	15.84	15.77	19.20	24.16	21.99	12.41
$Fe2O3_{tot}$	7.86	5.79	9.29	7.34	8.89	7.08	7.91	7.93	8.23	7.31	6.16	8.54	9.08	12.52	7.31
MnO	0.16	0.12	0.12	0.12	0.13	0.11	0.14	0.14	0.13	0.13	0.10	1.69	0.16	0.35	0.11
MgO	2.28	3.04	3.58	2.54	3.13	2.44	2.80	2.65	3.11	2.44	2.60	2.73	1.97	2.55	3.03
CaO	1.91	4.68	4.03	1.38	1.54	1.63	2.17	2.00	1.50	1.13	0.53	1.64	0.68	1.46	1.35
Na2O	1.63	1.60	3.06	1.48	1.59	2.12	1.93	1.88	1.72	1.98	0.34	0.18	0.35	0.17	1.00
K2O	2.18	2.36	1.92	2.77	3.51	2.79	2.40	2.14	3.52	3.86	3.42	2.07	2.48	2.30	1.97
TiO2	0.99	0.65	0.90	1.04	1.17	0.92	0.97	1.00	0.98	0.84	0.80	1.18	1.02	1.07	1.09
P2O5	0.20	0.14	0.15	0.19	0.24	0.19	0.21	0.18	0.13	0.15	0.14	0.37	0.18	0.29	0.19
PF	0.59	4.69	1.62	1.32	1.65	1.82	1.09	0.87	1.75	2.36	3.33	2.21	3.86	1.73	2.04
Total	100.79	100.25	98.56	98.99	99.43	100.95	99.24	100.68	99.76	99.67	100.86	100.30	99.36	100.04	99.47
Ba	461	787	353	614	668	517	518	454	681	865	638	586	598	573	443
Co	17	15	25	20	24	18	24	21	25	17	11	41	29	19	21
Cr	101	79	133	108	125	110	115	104	105	98	87	118	117	107	132
Cs	5	4	4	6	7	7	6	4	7	5	1	2	3	1	4
Cu	39	39	68	23	49	32	43	24	59	51	23	50	70	54	47
Ga	18	16	19	21	26	20	19	18	24	21	20	22	30	22	16
Hf	5.3	3.7	4.6	5.3	5.6	5.3	4.8	5.3	4.8	5.1	4.5	5.4	5.1	5.5	6.5
Nb	13.3	9.6	10.2	13.7	16.8	13.0	12.1	12.4	11.8	11.3	10.5	19.3	21.5	22.4	14.8
Ni	43	42	69	50	67	52	67	52	58	51	28	120	64	49	55
Rb	78	76	77	101	129	103	94	83	127	133	71	88	114	79	86
Sr	94	146	257	89	99	130	131	123	102	152	60	38	68	41	78
Th	8.4	7.6	7.4	7.8	10.8	9.3	8.0	8.2	9.0	7.2	5.9	13.0	21.4	18.6	6.6
U	2.2	1.8	2.2	1.7	2.3	2.7	2.4	1.6	2.0	2.1	1.8	2.8	2.9	2.2	1.3
V	134	103	174	152	182	137	145	146	159	128	125	138	142	117	162
Y	32	21	29	27	36	30	30	30	24	26	27	39	50	87	33
Zn	90	92	89	110	138	106	115	94	142	112	72	117	119	84	124

Zr	207	145	166	206	215	203	183	199	179	190	169	202	188	200	256
La	37.59	23.89	25.10	15.88	40.64	26.59	20.24	27.54	19.77	10.74	12.94	34.41	66.49	67.64	22.23
Ce	63.62	49.03	52.60	39.66	77.42	53.83	41.22	57.41	73.87	24.25	28.98	77.74	132.80	137.20	46.11
Pr	9.10	5.67	6.16	3.99	9.61	6.53	5.06	6.71	5.08	2.98	3.53	8.48	14.95	16.11	5.55
Nd	34.89	21.28	23.70	15.38	37.14	25.14	19.70	25.60	20.11	11.13	13.84	33.18	54.70	60.29	21.34
Sm	7.14	4.27	5.00	3.38	7.74	5.32	4.13	5.26	4.65	2.51	2.97	7.66	10.52	11.66	4.32
Eu	1.57	0.97	1.12	0.88	1.68	1.22	0.96	1.29	1.09	0.75	0.76	1.61	1.86	1.90	0.91
Gd	6.07	3.63	4.58	3.97	6.66	4.68	4.16	5.01	4.62	2.46	2.77	8.31	8.68	11.10	4.00
Tb	0.95	0.58	0.77	0.76	1.04	0.79	0.79	0.83	0.77	0.53	0.55	1.33	1.45	2.18	0.74
Dy	5.61	3.60	4.91	4.72	6.23	5.05	5.20	5.03	4.62	3.98	3.98	7.43	8.92	15.22	5.20
Ho	1.07	0.73	1.02	0.95	1.24	1.05	1.06	1.03	0.87	0.90	0.89	1.31	1.73	3.12	1.14
Er	3.04	2.18	2.95	2.59	3.52	3.12	2.96	2.91	2.42	2.80	2.72	3.48	4.90	8.77	3.41
Tm	0.45	0.34	0.45	0.39	0.53	0.49	0.45	0.44	0.37	0.45	0.43	0.49	0.72	1.29	0.53
Yb	3.03	2.29	3.03	2.71	3.55	3.29	3.02	3.07	2.63	3.24	3.02	3.27	4.84	8.49	3.60
Lu	0.46	0.36	0.47	0.44	0.53	0.50	0.47	0.47	0.41	0.51	0.47	0.50	0.74	1.24	0.56

Type	Migmatites			Grenatite	Amphibolites		Hornblendite		Gneiss			Métagranite	
	à grt-ky		à grt-ky (Ydé)	à anthoph.	à grt		à épi		à hbl				
Echantillon	BO2	8.21	8.13	PN1	PN4	PN3	NT1	HE7	NO7	MG2	BOG8	MD1	HE6
SiO2	63.80	55.09	65.28	50.65	48.26	53.39	47.47	49.55	63.79	64.46	62.74	66.567	75.14
Al2O3	17.21	20.80	15.17	12.14	15.39	15.42	15.85	15.09	15.00	15.19	14.81	13.92	13.16
$Fe2O3_{tot}$	8.50	10.32	7.30	27.02	14.85	11.25	6.84	11.01	5.60	5.78	7.08	6.76	2.19
MnO	0.13	0.20	0.13	0.53	0.14	0.16	0.11	0.17	0.08	0.11	0.08	0.09	0.03
MgO	3.26	3.67	2.85	1.19	7.58	6.80	11.99	8.21	3.20	2.16	3.85	1.95	0.46
CaO	1.23	1.61	2.27	4.52	9.75	8.98	13.44	11.41	5.14	4.85	5.25	1.38	0.44
Na2O	1.23	1.48	2.07	0.00	0.73	1.42	1.09	1.35	4.53	3.30	2.95	3.48	2.92
K2O	2.82	3.16	2.57	0.00	0.58	0.74	0.28	0.47	0.69	1.89	1.83	3.15	4.21
TiO2	1.01	1.35	1.03	0.29	1.70	0.88	0.32	1.01	0.56	0.58	0.87	0.78	0.29
P2O5	0.22	0.24	0.26	1.74	0.42	0.11	0.04	0.10	0.14	0.17	0.18	0.14	0.08
PF	0.98	0.88	0.55	1.75	0.54	0.82	2.07	1.82	0.59	0.93	0.80	0.56	1.85
Total	100.39	98.80	99.49	99.83	99.94	99.96	99.50	100.18	99.31	99.42	100.43	98.78	100.77
Ba	596	831	703	4	77	88	12.06	25.25	342	790	807	655	801
Co	23	27	22	49	51	40	42.72	47.80	19	13	22	9	3
Cr	143	177	143	24	248	213	1094	375	137	19	76	53	6
Cs	4	4	1	-	-	0	0.24	0.16	0	1	0	2	1
Cu	27	28	12	244	11	9	3.05	9.63	25	20	19	35	3
Ga	23	28	22	19	25	20	13.35	17.24	19	16	18	19	18
Hf	5.2	7.3	5.9	1.5	3.1	1.8	0.41	1.62	2.9	3.4	3.7	6.9	8.0
Nb	11.5	19.8	11.8	3.3	12.4	3.4	0.431	1.49	3.6	5.1	5.7	11.8	18.8
Ni	66	83	84	94	108	103	252	146	58	13	47	17	6
Rb	119	125	94	0	10	14	4.48	3.58	14	69	52	96	114
Sr	111	123	170	26	26	95	152	157	348	395	426	168	131
Th	10.4	13.6	8.3	0.7	1.4	1.4	-	0.27	2.8	6.8	8.9	7.4	17.0
U	2.1	2.6	1.3	1.6	0.9	1.0	-	0.10	0.6	0.7	1.2	0.7	0.7
V	199	250	193	80	404	253	180	260	92	109	140	102	17
Y	34	44	31	63	30	24	9.41	28.57	11	21	16	34	4
Zn	179	174	136	44	179	105	82.83	93.98	76	66	65	94	45
Zr	196	265	219	56	120	63	12.13	55.83	110	129	145	252	297

La	33.31	46.63	30.52	19.44	10.89	5.65	0.68	6.27	15.69	22.15	31.65	23.33	11.41
Ce	67.20	95.32	63.61	49.86	24.13	11.84	1.56	12.71	30.20	44.31	57.88	50.25	21.57
Pr	8.27	11.47	7.70	7.51	3.22	1.66	0.28	1.80	3.47	5.08	6.64	6.06	2.62
Nd	32.36	44.44	31.08	39.27	14.51	7.75	1.67	9.01	13.39	19.57	25.24	23.55	8.73
Sm	6.79	9.25	6.99	12.93	4.01	2.70	0.73	2.89	2.72	4.02	4.57	5.16	1.51
Eu	1.46	1.98	1.74	2.91	1.29	1.12	0.46	1.05	0.91	1.17	1.33	1.14	0.26
Gd	6.07	7.29	5.31	13.15	4.70	3.76	1.10	3.90	2.34	3.69	3.75	4.82	0.79
Tb	1.00	1.23	0.87	1.96	0.80	0.64	0.22	0.70	0.35	0.57	0.52	0.84	0.12
Dy	5.96	7.50	5.32	10.31	5.10	3.95	1.50	4.75	2.05	3.42	2.79	5.46	0.76
Ho	1.18	1.52	1.09	1.91	1.05	0.82	0.33	1.01	0.38	0.70	0.53	1.17	0.16
Er	3.38	4.10	2.99	5.18	2.98	2.37	0.99	2.91	1.07	2.02	1.50	3.55	0.58
Tm	0.51	0.63	0.48	0.75	0.45	0.37	0.15	0.44	0.16	0.32	0.22	0.57	0.12
Yb	3.39	4.32	3.24	5.20	3.06	2.49	0.98	2.84	1.06	2.21	1.47	4.06	1.05
Lu	0.53	0.67	0.52	0.82	0.47	0.39	0.15	0.44	0.16	0.35	0.23	0.64	0.20

Compositions chimiques en roche totale

échantillon	Micaschiste à grenat - Bl2					
minéral	Grt		Bt	Pl	Trm	
N° sonde	237	238	241	243	239	240
	1a-cœur	1a-bord	1a	1b	1a-bord	1a-cœur
SiO2	37.62	37.77	37.38	62.29	36.22	37.27
TiO2	0.00	0.02	1.53	0.00	0.65	0.79
Al2O3	21.19	21.51	18.57	24.55	33.92	32.25
FeOtot.	30.62	29.54	15.78	0.03	4.89	4.75
MnO	0.62	0.78	0.12	0.00	0.00	0.00
MgO	5.07	4.42	12.14	0.00	7.71	7.88
CaO	3.65	5.31	0.05	5.69	1.02	0.34
Na2O	0.00	0.02	0.18	8.29	1.89	2.29
K2O	0.00	0.00	8.48	0.06	0.05	0.05
H2O*			4.07			
Total	98.77	99.37	98.31	100.91	86.35	85.62
FORMULE STRUCTURALE						
Si	3.00	2.99	5.51	2.74	7.39	7.64
Al iv	0.00	0.01	2.49			
Al vi	1.99	2.00	0.73			
Al total	1.99	2.01	3.23	1.27	8.16	7.80
Ti	0.00	0.00	0.17	0.00	0.10	0.12
Fe			1.94		0.83	0.81
Fe2+	2.04	1.97				
Mn	0.04	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00
Mg	0.60	0.52	2.67	0.00	2.35	2.41
Ca	0.31	0.45	0.01	0.27	0.22	0.08
Na			0.05	0.71	0.75	0.91
K			1.59	0.00	0.01	0.01
OH*			4.00			
Total	8.00	8.00	19.18	4.98	19.81	19.78
Nbre d'Ox (Si)	12	12	22	8	31	31
Mg/(Mg+Fe2+)	0.23	0.21	0.58		0.74	0.75

échantillon	Micaschiste à grenat - Bl17													
minéral	Grt							Bt				Mu		Pl
N° sonde	36	38	39	41	42	43	46	35	37	44	45	34	40	47
	1a	1b-interm	1b-cœur	1b-interm	1b-bord	1c-bord	1d-bord	1a	1b-inclus.	1c	1c	1a	1b-inclus.	1d
SiO2	37.76	37.86	37.95	37.86	38.14	37.85	38.41	37.42	36.90	37.23	36.99	46.67	46.52	61.90
TiO2	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	1.66	1.61	1.74	1.65	1.17	0.08	0.01
Al2O3	21.52	21.18	21.34	21.38	20.95	21.34	21.46	18.13	18.08	17.92	17.80	31.65	33.66	24.13
FeOtot.	29.53	29.65	29.83	30.37	29.55	29.81	30.04	15.73	15.65	15.89	16.13	1.45	1.20	0.10
MnO	0.71	0.90	0.96	0.87	0.92	0.67	1.00	0.02	0.12	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00
MgO	4.78	5.06	4.96	4.26	4.55	4.12	4.71	11.67	11.93	12.23	12.36	1.58	1.27	0.00
CaO	4.50	4.46	4.51	4.99	4.95	5.66	5.18	0.02	0.00	0.08	0.02	0.00	0.02	5.57
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.07	0.23	0.29	0.19	0.27	0.82	1.26	8.40
K2O	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.53	8.64	8.69	8.60	9.44	9.08	0.06
H2O*								4.04	4.01	4.05	4.03	4.40	4.43	
Total	98.82	99.15	99.56	99.79	99.05	99.44	100.88	97.45	97.23	98.05	97.85	97.17	97.55	100.16
FORMULE STRUCTURALE														
Si	3.00	3.01	3.00	3.00	3.03	3.00	3.00	5.56	5.52	5.52	5.51	6.36	6.29	2.74
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.44	2.48	2.48	2.49	1.64	1.71	
Al vi	2.02	1.98	1.99	2.00	1.96	2.00	1.98	0.73	0.71	0.65	0.63	3.44	3.66	
Al total	2.02	1.98	1.99	2.00	1.96	2.00	1.98	3.17	3.19	3.13	3.12	5.08	5.37	
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.18	0.19	0.18	0.12	0.01	0.00
Fe								1.95	1.96	1.97	2.01	0.16	0.14	
Fe3+	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01							0.00
Fe2+	1.98	1.96	1.97	2.01	1.96	1.98	1.95							
Mn	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.07	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.57	0.60	0.58	0.50	0.54	0.49	0.55	2.58	2.66	2.70	2.74	0.32	0.26	0.00
Ca	0.38	0.38	0.38	0.42	0.42	0.48	0.43	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.26
Na								0.07	0.08	0.06	0.08	0.22	0.33	0.72
K								1.62	1.65	1.64	1.63	1.64	1.57	0.00
OH*								4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
Total	8.00	8.00	8.00	8.00	7.98	8.00	8.00	19.14	19.25	19.23	19.28	17.90	17.97	4.99
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	22	22	22	22	22	22	8.00

Ab				72.3		
An				27.4		
Or				0.3		
Almandin	68.0	65.7				
Andradite	0.1	0.0				
Grossulaire	10.3	15.0				
Pyrope	20.1	17.5				
Spessartine	1.4	1.8				

Mg/(Mg+Fe2+)	0.22	0.23	0.23	0.20	0.22	0.20	0.22	0.57	0.58	0.58	0.58			
Ab														73.0
An														26.7
Or														0.3
Almandin	66.6	65.2	65.5	67.1	65.4	66.1	64.9							
Andradite	0.0	0.4	0.3	0.0	0.1	0.0	0.7							
Grossulaire	12.8	12.3	12.5	14.1	14.1	16.1	13.8							
Pyrope	19.0	20.1	19.5	16.8	18.3	16.3	18.4							
Spessartine	1.6	2.0	2.1	1.9	2.1	1.5	2.2							

échantillon	Migmatite à grenat-disthène - BO2													
minéral	Grt													
N° sonde	43	44	45	46	47	48	49	50	51	53	54	55	56	57
	3abord													3acœur
SiO2	38.44	38.50	38.80	38.48	37.98	38.37	38.65	38.06	38.12	38.38	38.94	38.53	38.75	38.46
TiO2	0.08	0.00	0.01	0.11	0.07	0.06	0.04	0.05	0.03	0.14	0.08	0.08	0.00	0.04
Al2O3	21.74	21.60	21.92	21.98	21.54	21.53	21.58	21.29	21.41	21.68	21.91	21.40	21.59	21.63
FeOtot.	29.14	28.97	28.58	29.02	28.70	28.15	28.04	27.61	28.30	27.29	27.14	27.07	25.90	26.16
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.45	0.53	0.67	0.79	1.00	1.17	1.33	1.29	1.61	1.79	1.81	2.20	2.43	2.50
MgO	5.64	5.34	5.60	5.88	5.56	5.17	5.33	5.61	5.51	5.45	5.68	5.42	4.87	4.94
CaO	4.45	4.56	4.30	3.95	4.43	4.98	4.69	4.82	4.52	4.34	3.92	5.04	6.32	6.01
Na2O														
K2O														
Total	99.92	99.49	99.88	100.21	99.27	99.41	99.66	98.73	99.63	99.07	99.48	99.74	99.86	99.73
FORMULE STRUCTURALE														
Si	3.00	3.02	3.02	2.99	3.00	3.01	3.02	3.01	3.00	3.01	3.02	3.02	3.03	3.01
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al vi	2.01	2.00	2.01	2.01	2.00	2.00	1.99	1.99	1.99	2.01	2.02	1.98	1.99	2.00
Al total	2.01	2.00	2.01	2.02	2.00	2.00	1.99	1.99	1.99	2.01	2.02	1.98	1.99	2.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe														
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2+	1.92	1.93	1.90	1.91	1.90	1.87	1.86	1.83	1.86	1.83	1.83	1.78	1.71	1.73
Mn	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09	0.11	0.12	0.12	0.15	0.16	0.17
Mg	0.66	0.62	0.65	0.68	0.65	0.61	0.62	0.66	0.65	0.64	0.66	0.63	0.57	0.58
Ca	0.37	0.38	0.36	0.33	0.37	0.42	0.39	0.41	0.38	0.36	0.33	0.42	0.53	0.50
Na														
K														
Total	7.99	7.99	7.98	8.00	8.00	7.99	7.98	7.99	8.00	7.98	7.98	7.99	7.98	7.99
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.25	0.24	0.25	0.26	0.26	0.24	0.25	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25
Almandin	64.5	64.9	64.4	64.3	63.5	62.9	62.8	61.2	62.1	62.1	62.3	59.5	57.7	58.1
Andradite	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Grossulaire	12.5	12.9	12.1	11.0	12.3	14.0	13.1	13.7	12.3	12.3	11.1	14.3	17.8	16.9
Pyrope	22.0	21.0	22.0	22.9	21.8	20.4	21.0	22.2	21.6	21.6	22.5	21.4	19.1	19.4
Spessartine	1.0	1.2	1.5	1.7	2.2	2.6	3.0	2.9	3.6	4.0	4.1	4.9	5.4	5.6

échantillon	Migmatite à grenat-disthène - BO2													
minéral	Bt					Mu						Pl		
N° sonde	1	10	21	23	24	2	4	5	8	11	20	14	16	22
	1a	1b	2a	2b	2b	1a	1a	1a	1b	1b	2	1c	1c	2a
SiO2	36.40	36.84	36.12	36.81	36.76	46.22	47.49	47.13	45.94	46.82	46.45	63.70	64.04	63.38
TiO2	4.06	4.24	4.07	4.27	4.03	1.832	1.749	1.767	1.739	1.65	1.772	0.06	0.00	0.00
Al2O3	17.50	17.41	17.35	18.07	17.83	32.63	34.06	33.14	32.28	32.61	33.29	23.04	23.20	23.30
FeOtot.	14.76	14.54	15.05	14.68	14.56	1.327	1.164	1.437	1.143	1.379	1.128			
Fe2O3												0.06	0.02	0.04
MnO	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.016	0	0	0.005	0.029	0.025	0.00	0.01	0.02
MgO	11.07	11.42	10.91	10.91	11.28	1.525	1.278	1.353	1.235	1.424	1.327	0.00	0.04	0.00
CaO	0.02	0.02	0.10	0.11	0.00	0	0.031	0	0.048	0.04	0.157	4.37	4.40	4.46
Na2O	0.06	0.10	0.12	0.06	0.01	0.462	0.323	0.402	0.376	0.388	0.415	9.17	9.12	9.12
K2O	9.79	9.72	9.34	9.02	9.97	10.77	9.96	10.82	10.79	10.88	10.69	0.22	0.18	0.18
F	0.08	0.08	0.05	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.00	0.01			
H2O*	3.97	4.01	3.95	4.02	4.02	4.46	4.57	4.53	4.41	4.49	4.49			
Total	97.70	98.48	97.07	98.02	98.52	99.26	100.63	100.59	97.98	99.71	99.75	100.61	101.01	100.50
FORMULE STRUCTURALE														
Si	5.45	5.45	5.45	5.45	5.44	6.20	6.23	6.24	6.24	6.26	6.20	2.80	2.80	2.79
Al iv	2.55	2.55	2.55	2.55	2.56	1.80	1.77	1.76	1.76	1.74	1.80			
Al vi	0.54	0.49	0.53	0.60	0.55	3.37	3.50	3.41	3.41	3.39	3.43			
Al total	3.09	3.04	3.08	3.15	3.11	5.16	5.27	5.17	5.17	5.14	5.23	1.19	1.20	1.21
Ti	0.46	0.47	0.46	0.48	0.45	0.18	0.17	0.18	0.18	0.17	0.18	0.00	0.00	0.00
Fe	1.85	1.80	1.90	1.82	1.80	0.15	0.13	0.16	0.13	0.15	0.13			
Mn	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.47	2.52	2.45	2.41	2.49	0.31	0.25	0.27	0.25	0.28	0.26	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.21	0.21	0.21
Na	0.02	0.03	0.03	0.02	0.00	0.12	0.08	0.10	0.10	0.10	0.11	0.78	0.77	0.78
K	1.87	1.83	1.80	1.70	1.88	1.84	1.67	1.83	1.87	1.85	1.82	0.01	0.01	0.01
F	0.04	0.04	0.02	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			
OH*	3.96	3.96	3.98	3.96	3.97	4.00	4.00	4.00	3.99	4.00	4.00			
Total	19.21	19.16	19.20	19.03	19.17	17.97	17.81	17.94	17.95	17.96	17.95	5.00	4.99	5.00
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.57	0.58	0.56	0.57	0.58	0.67	0.66	0.63	0.66	0.65	0.68			
Ab												78.2	78.1	77.9
An												20.6	20.8	21.1
Or												1.2	1.0	1.0

Echantillon	Micaschiste à grenat - BOG1														
minéraux	Grt				Bt			Mu	Pl						
N° sonde	70	71	81	82	76	84	85	74	73	77	78	79	80	86	88
	1a-cœur	1a-bord	2a-cœur	2a-interm.	1b	2a	2b	1b	1a	1b	1b	1b	1b	2b	2b
SiO2	37.75	38.04	37.97	37.77	37.82	37.13	36.90	45.90	61.01	61.17	61.66	61.02	61.29	60.83	60.19
TiO2	0.01	0.00	0.05	0.02	1.76	1.71	1.65	1.23	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Al2O3	21.56	21.56	21.33	21.42	17.62	19.20	18.43	33.54	24.97	24.73	24.97	24.80	24.50	24.98	24.88
FeO	30.95	31.24	30.90	30.86	15.46	15.71	15.26	1.47							
Fe2O3	0.80	0.47	0.51	0.23					0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	1.00	0.84	1.03	0.91	0.19	0.01	0.00	0.07	0.13	0.00	0.00	0.06	0.08	0.00	0.00
MgO	4.99	5.29	4.38	5.00	12.52	12.28	12.73	1.23	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
CaO	4.34	3.59	4.78	3.77	0.10	0.00	0.08	0.00	6.01	5.69	6.04	6.09	5.89	6.13	6.28
Na2O					0.16	0.25	0.25	1.03	8.38	8.46	8.81	8.42	8.50	8.37	8.66
K2O					9.30	9.30	9.19	10.00	0.10	0.02	0.03	0.06	0.14	0.07	0.09
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.04							
H2O*					4.09	4.11	4.06	4.46							
Total	101.39	101.02	100.95	99.98	99.05	99.70	98.55	98.96	100.61	100.07	101.58	100.44	100.41	100.38	100.11
FORMULE STRUCTURALE															
Si	2.95	2.98	2.98	2.99	5.54	5.42	5.45	6.18	2.70	2.71	2.70	2.70	2.71	2.70	2.68
Al iv	0.05	0.02	0.02	0.01	2.46	2.58	2.55	1.82							
Al vi	1.95	1.97	1.96	1.98	0.59	0.73	0.66	3.50							
Al total	1.99	1.99	1.98	2.00	3.04	3.30	3.21	5.32	1.30	1.29	1.29	1.29	1.28	1.30	1.31
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.19	0.18	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe					1.90	1.92	1.89	0.17							
Fe3+	0.05	0.03	0.03	0.01					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2+	2.03	2.05	2.03	2.04											
Mn	0.07	0.06	0.07	0.06	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.58	0.62	0.51	0.59	2.74	2.67	2.80	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.36	0.30	0.40	0.32	0.01	0.00	0.01	0.00	0.28	0.27	0.28	0.29	0.28	0.29	0.30
Na					0.05	0.07	0.07	0.27	0.72	0.73	0.75	0.72	0.73	0.72	0.75
K					1.74	1.73	1.73	1.72	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00							
OH*					4.00	4.00	4.00	4.00							
Total	8.03	8.02	8.01	8.01	19.24	19.31	19.35	18.03	5.01	5.00	5.03	5.01	5.01	5.01	5.04
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	23	23	23	23	8	8	8	8	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.22	0.23	0.20	0.22	0.59	0.58	0.60	0.40							

Ab									71.2	72.8	72.4	71.2	71.7	70.9	71.0
An									28.2	27.1	27.4	28.5	27.5	28.7	28.5
Or									0.6	0.1	0.2	0.3	0.8	0.4	0.5
Almandine	65.75	67.29	67.02	67.51											
Andradite	2.38	1.38	1.52	0.67											
Grossular	9.93	8.74	11.96	10.02											
Pyrope	19.70	20.72	17.19	19.74											
Spessartine	2.23	1.87	2.30	2.05											

Echantillon	Epidotite à actinote - BOG2																							
minéraux	Act					Bt			Pl		Ep							Cal					Sph	
N° sonde	23	29	30	31	41	26	38	40	43	44	25	28	32	34	35	36	42	20	21	22	27	37	24	39
	1a	1b	1b	1b	2b	1b	2a	2b	2c-bord	2c-cœur	1b	1b	2a	2a	2a	2a	2c	1a	1a	1a	1b	2a	1b	2b
SiO2	53.53	48.72	51.91	51.44	51.38	37.63	38.66	37.86	64.20	64.00	38.30	38.24	37.94	37.53	38.00	38.79	39.54	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	30.34	30.32
TiO2	0.04	0.17	0.03	0.06	0.14	0.97	0.92	0.88	0.03	0.01	0.18	0.12	0.20	0.17	0.24	0.20	0.12	0.00	0.00	0.03	0.00	0.02	35.99	35.46
Al2O3	3.11	8.29	4.45	4.24	6.29	17.63	17.64	17.59	23.36	23.18	26.97	28.32	26.87	25.98	26.96	26.49	30.16	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	1.81	2.12
FeO	8.27	8.95	8.37	7.54	9.10	13.96	14.63	14.54			7.05	6.57	7.47	7.71	7.87	7.80	4.33	0.68	0.76	0.48	0.80	0.68	0.48	0.45
Fe2O3	1.39	2.87	1.88	2.62	1.22				0.06	0.00														
MnO	0.43	0.26	0.31	0.32	0.33	0.42	0.25	0.14	0.00	0.04	0.22	0.38	0.20	0.04	0.11	0.16	0.20	0.72	0.59	0.53	0.65	0.67	0.00	0.03
MgO	17.03	14.35	16.25	16.47	15.27	14.15	14.09	14.12	0.00	0.00	0.01	0.02	0.08	0.11	0.04	0.11	0.03	0.42	0.58	0.19	0.48	0.36	0.02	0.01
CaO	12.64	12.21	12.48	12.41	12.23	0.04	0.04	0.00	4.03	4.16	23.69	23.42	23.26	22.42	22.84	23.35	24.26	56.89	57.37	56.20	56.55	59.20	27.34	28.00
Na2O	0.40	0.91	0.52	0.49	0.63	0.11	0.07	0.09	9.08	9.24	0.05	0.06	0.02	0.02	0.04	0.00	0.01	0.06	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.05
K2O	0.18	0.58	0.24	0.27	0.35	9.36	9.42	9.47	0.06	0.12	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00
Cr2O3	0.04	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02										0.00	0.00	0.03	0.00	0.00		
H2O*	2.10	2.07	2.08	2.07	2.09	4.08	4.16	4.10																
Total	99.15	99.41	98.56	97.94	99.03	98.34	99.89	98.80	100.82	100.75	96.49	97.11	96.06	93.98	96.10	96.94	98.66	58.80	59.36	57.51	58.50	61.02	96.00	96.44
FORMULE STRUCTURALE																								
Si	7.65	7.05	7.49	7.46	7.38	5.53	5.57	5.54	2.81	2.81	3.07	3.03	3.06	3.09	3.06	3.10	3.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00
Al iv	0.35	0.95	0.51	0.54	0.62	2.47	2.43	2.46			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
Al vi	0.17	0.46	0.25	0.19	0.45	0.59	0.57	0.58			2.54	2.64	2.55	2.52	2.56	2.49	2.73							
Al total	0.52	1.41	0.76	0.73	1.06	3.05	3.00	3.04	1.20	1.20	2.54	2.64	2.55	2.52	2.56	2.49	2.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.33
Ti	0.00	0.02	0.00	0.01	0.02	0.11	0.10	0.10	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.56	3.51
Fe	1.14	1.40	1.21	1.20	1.22	1.72	1.76	1.78			0.47	0.43	0.50	0.53	0.53	0.52	0.28	0.05	0.06	0.04	0.06	0.05	-0.11	-0.11
Fe3+	0.15	0.31	0.20	0.29	0.13				0.00	0.00	0.46	0.36	0.45	0.48	0.44	0.51	0.27						0.16	0.16
Fe2+	0.99	1.08	1.01	0.91	1.09						0.01	0.08	0.05	0.05	0.08	0.01	0.01							
Mn	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.00	0.00
Mg	3.63	3.09	3.50	3.56	3.27	3.10	3.03	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.06	0.08	0.03	0.07	0.05	0.00	0.00
Ca	1.93	1.89	1.93	1.93	1.88	0.01	0.01	0.00	0.19	0.20	2.03	1.99	2.01	1.98	1.97	2.00	2.00	5.82	5.80	5.88	5.81	5.83	3.86	3.96
Na	0.11	0.25	0.15	0.14	0.17	0.03	0.02	0.02	0.77	0.79	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
K	0.03	0.11	0.04	0.05	0.06	1.76	1.73	1.77	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4	4	4																
Total	17.08	17.25	17.12	17.12	17.12	19.36	19.25	19.35	4.98	4.99	8.15	8.14	8.16	8.14	8.15	8.15	8.08	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	11.76	11.87
Nbre d'Ox (Si)	23	23	23	23	23	22	22	22	8	8	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	6	6	6	6	6	2	2
Mg/(Mg+Fe2)	0.79	0.74	0.78	0.80	0.75	0.64	0.63	0.63																
Ab									79.99	79.55														
An									19.64	19.80														
Or									0.37	0.66														
%Ps											15.26	11.92	15.06	16.12	14.82	17.01	8.91							

Echantillon	Micaschiste à chlorite-grenat - BOG-5								
minéraux	Grt		Mu	Cal	Chl				Trm
N° sonde	109	110	112	117	108	111	113	115	114
	1a-bord	1a-bord	1a	1d	1a	1a	1b	1c	1b
SiO2	37.88	38.58	47.19	0.01	25.57	25.77	25.28	18.31	37.36
TiO2	0.00	0.00	0.14	0.00	0.07	0.08	0.05	0.08	0.59
Al2O3	21.43	21.50	34.90	0.00	22.48	21.65	21.75	20.01	32.37
FeO	28.33	29.36	0.89	0.09	22.87	23.46	24.10	21.07	3.75
Fe2O3	0.70	0.16			1.16	0.85	0.38	0.00	
MnO	4.18	3.19	0.01	0.13	0.12	0.28	0.23	0.07	0.00
MgO	3.98	4.62	0.92	0.00	14.63	14.83	15.17	14.18	8.64
CaO	5.09	3.97	0.05	54.47	0.00	0.16	0.03	0.02	0.66
Na2O			0.97	0.05	0.00	0.02	0.00	0.01	2.45
K2O			9.36	0.00	0.03	0.00	0.03	0.02	0.02
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03
H2O*			4.51		11.39	11.37	11.34	9.51	
Total	101.58	101.38	98.93	54.74	98.31	98.48	98.36	83.28	85.87
FORMULE STRUCTURALE									
Si	2.97	3.01	6.28	0.00	5.37	5.42	5.34	4.55	7.62
Al iv	0.03	0.00	1.72		2.63	2.58	2.66	3.45	
Al vi	1.95	1.98	3.75		2.95	2.80	2.76	2.50	
Al total	1.98	1.98	5.47	0.00	5.58	5.38	5.42	5.95	7.78
Ti	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.09
Fe	1.90	1.93	0.10	0.01	4.20	4.26	4.32	4.77	0.64
Fe3+	0.04	0.01			0.18	0.13	0.06	0.00	
Fe2+	1.86	1.92			4.02	4.13	4.26	4.77	
Mn	0.28	0.21	0.00	0.01	0.02	0.05	0.04	0.02	0.00
Mg	0.46	0.54	0.18	0.00	4.58	4.65	4.78	5.26	2.63
Ca	0.43	0.33	0.01	5.97	0.00	0.04	0.01	0.00	0.14
Na			0.25	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.97
K			1.59	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*			4.00		16.00	16.00	16.00	16.00	
Total	8.02	8.00	17.89	6.00	35.77	35.84	35.93	36.59	19.88
Nbre d'Ox (Si)	12	12	22	6	28	28	28	28	31.00
Mg/(Mg+Fe2+)			0.65		0.52	0.52	0.53	0.52	
Almandin	60.6	63.7							
Andradite	2.1	0.5							
Grossulaire	12.3	10.7							
Pyrope	15.7	18.0							
Spessartine	9.3	7.1							

Echantillon	Micaschiste à grenat-disthène - BOG7														
minéraux	Grt (Coupe longitudinale)														
N° sonde	84 / 3	84 / 5	84 / 6	84 / 7	84 / 8	84 / 9	84 / 10	84 / 11	84 / 13	84 / 15	84 / 16	84 / 17	84 / 18	84 / 19	84 / 20
	2a-bord												2a-cœur		
SiO2	37.67	38.88	38.49	38.24	38.75	38.48	38.67	38.51	38.59	38.15	38.32	38.28	38.18	39.07	38.37
TiO2	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.29	0.02	0.00	0.04	0.00	0.01	0.11
Al2O3	21.94	22.23	21.88	22.05	21.78	22.27	21.85	21.96	22.23	21.83	22.13	21.72	21.90	21.71	22.08
FeO	31.26	31.01	30.52	29.97	29.67	30.18	29.44	29.27	30.09	29.75	30.18	29.52	29.88	29.94	29.96
Fe2O3	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.40	0.03	0.22	0.23	0.17	0.00
MnO	0.59	0.79	1.12	0.90	0.89	0.58	0.63	0.50	0.39	0.43	0.30	0.50	0.51	0.28	0.38
MgO	3.29	5.22	5.49	5.49	5.47	5.66	5.78	5.75	5.73	5.84	5.63	5.58	5.68	5.83	5.64
CaO	5.15	3.62	3.72	4.09	4.25	4.33	4.56	4.68	4.40	4.57	4.63	4.84	4.54	4.56	4.56
Na2O															
K2O															
H2O*															
Total	99.90	101.75	101.28	100.77	100.80	101.51	100.92	100.69	101.73	101.00	101.23	100.70	100.91	101.59	101.10
FORMULE STRUCTURALE															
Si	2.98	3.00	2.99	2.98	3.01	2.97	3.00	2.99	2.97	2.97	2.97	2.98	2.97	3.01	2.98
Al iv	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.00	0.02
Al vi	2.03	2.02	2.00	2.01	2.00	2.00	2.00	2.00	1.99	1.97	2.00	1.98	1.99	1.97	2.00
Al total	2.05	2.02	2.00	2.03	2.00	2.03	2.00	2.01	2.02	2.00	2.02	2.00	2.01	1.97	2.02
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe	2.11	2.03	1.98	1.96	1.94	1.96	1.91	1.91	1.95	1.96	1.96	1.94	1.96	1.94	1.95
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
Fe2+	2.11	2.03	1.98	1.96	1.94	1.96	1.91	1.91	1.95	1.94	1.96	1.93	1.95	1.93	1.95
Mn	0.04	0.05	0.07	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
Mg	0.39	0.60	0.64	0.64	0.63	0.65	0.67	0.67	0.66	0.68	0.65	0.65	0.66	0.67	0.65
Ca	0.44	0.30	0.31	0.34	0.35	0.36	0.38	0.39	0.36	0.38	0.39	0.40	0.38	0.38	0.38
Total	8.01	8.00	8.00	8.01	7.99	8.01	8.00	8.00	8.00	8.02	8.01	8.01	8.02	8.00	8.01
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.16	0.23	0.24	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.25	0.26	0.25	0.25	0.25	0.26	0.25
Almandin	70.9	68.1	65.9	65.2	65.0	64.8	63.7	63.6	64.8	63.4	64.5	63.6	64.0	64.2	64.5
Andradite	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.1	0.6	0.7	0.5	0.0
Grossulaire	14.7	10.0	10.2	11.5	11.9	12.0	12.6	13.0	12.2	11.6	12.8	12.9	12.1	12.1	12.7
Pyrope	13.1	20.1	21.3	21.4	21.2	21.9	22.3	22.2	22.1	22.8	21.9	21.7	22.2	22.5	21.9
Spessartine	1.3	1.7	2.5	2.0	2.0	1.3	1.4	1.1	0.9	0.9	0.7	1.1	1.1	0.6	0.8

Echantillon	Micaschiste à grenat-disthène - BOG7													
minéraux	Grt (Coupe longitudinale)													
N° sonde	84 / 22	84 / 23	84 / 24	84 / 25	84 / 26	84 / 27	84 / 28	84 / 29	84 / 30	84 / 31	84 / 32	84 / 33	84 / 37	84 / 38
														2a-bord
SiO2	38.36	38.62	38.45	38.07	38.45	38.52	38.33	38.38	38.78	38.50	38.69	38.44	39.00	37.62
TiO2	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.07	0.01	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00
Al2O3	22.08	21.97	21.91	22.14	21.95	22.04	21.85	21.92	21.92	22.17	22.20	21.62	21.79	22.33
FeO	30.19	29.55	29.93	29.35	29.52	29.24	29.27	28.87	29.06	29.65	29.95	29.23	29.95	31.04
Fe2O3	0.00	0.00	0.07	0.00	0.20	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
MnO	0.34	0.46	0.55	0.71	0.74	0.71	0.73	0.78	1.08	0.82	1.00	0.88	1.00	1.08
MgO	5.44	5.70	5.71	5.55	5.85	5.84	5.83	5.97	5.98	5.96	5.92	5.69	5.29	4.78
CaO	4.49	4.61	4.38	4.57	4.52	4.58	4.38	4.68	4.28	4.22	4.05	3.85	3.70	3.82
Na2O														
K2O														
H2O*														
Total	100.91	100.92	101.01	100.41	101.22	100.94	100.42	100.75	101.11	101.32	101.89	99.71	100.72	100.67
FORMULE STRUCTURALE														
Si	2.98	2.99	2.99	2.97	2.98	2.99	2.99	2.98	3.00	2.98	2.98	3.01	3.03	2.95
Al iv	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.05
Al vi	2.01	2.00	1.99	2.01	1.99	2.00	2.00	1.99	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.02
Al total	2.02	2.01	2.01	2.04	2.01	2.02	2.01	2.01	2.00	2.02	2.02	2.00	2.00	2.07
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	1.97	1.92	1.94	1.93	1.93	1.90	1.91	1.88	1.88	1.92	1.93	1.93	1.98	2.06
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2+	1.97	1.92	1.94	1.93	1.91	1.90	1.91	1.88	1.88	1.92	1.93	1.93	1.98	2.06
Mn	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.05	0.07	0.06	0.07	0.07
Mg	0.63	0.66	0.66	0.64	0.68	0.67	0.68	0.69	0.69	0.69	0.68	0.66	0.61	0.56
Ca	0.37	0.38	0.37	0.38	0.38	0.38	0.37	0.39	0.36	0.35	0.33	0.32	0.31	0.32
Total	8.01	8.00	8.01	8.01	8.01	8.01	8.00	8.01	8.00	8.01	8.01	7.99	7.98	8.02
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.24	0.26	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.24	0.21
Almandin	65.6	64.2	64.4	63.8	63.1	63.1	63.5	62.0	62.8	63.4	63.8	64.9	66.7	67.7
Andradite	0.0	0.0	0.2	0.0	0.6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Grossulaire	12.6	12.8	12.0	12.8	12.0	12.7	12.2	12.8	11.8	11.7	11.2	10.9	10.4	10.9
Pyrope	21.1	22.0	22.1	21.7	22.7	22.6	22.7	23.2	23.0	23.1	22.8	22.3	20.7	18.9
Spessartine	0.8	1.0	1.2	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	2.4	1.8	2.2	2.0	2.2	2.4

Echantillon	BOG7											
minéraux	Grt		Bt		Mu							Pl
N° sonde	72	76	77	84 / 4	73	74	75	78	79	80	81	84 / 39
	1a	1b	1b	2a	1a	1a	1a	1b	1b	1b	1b	2a
SiO2	38.74	38.45	35.76	37.42	47.32	46.83	47.29	46.78	47.18	46.96	47.10	59.71
TiO2	0.00	0.00	1.72	1.87	1.10	0.97	0.99	1.31	1.05	0.87	0.74	0.00
Al2O3	21.54	21.85	21.06	19.42	34.16	35.12	34.51	34.33	34.14	34.33	34.56	26.21
FeO	30.66	30.26	15.26	12.81	1.07	1.22	1.51	1.38	1.24	1.16	1.18	
Fe2O3	0.41	0.23										0.00
MnO	0.26	0.83	0.07	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03
MgO	4.92	5.37	11.94	13.79	1.38	1.18	1.47	1.38	1.32	1.36	1.17	0.00
CaO	5.21	4.47	0.05	0.00	0.03	0.05	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	6.18
Na2O			0.30	0.36	0.91	0.68	0.75	0.84	0.97	0.94	0.71	8.41
K2O			8.44	8.60	9.33	7.82	9.16	9.79	9.50	9.50	9.51	0.01
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	
H2O*			4.06	4.13	4.76	4.73	4.78	4.75	4.75	4.74	4.74	
Total	101.74	101.45	98.66	98.44	100.07	98.63	100.52	100.58	100.19	99.87	99.73	100.55
FORMULE STRUCTURALE												
Si	3.00	2.98	5.28	5.43	5.96	5.94	5.94	5.90	5.95	5.94	5.96	2.65
Al iv	0.00	0.02	2.72	2.57	2.04	2.06	2.06	2.10	2.05	2.06	2.04	
Al vi	1.97	1.98	0.94	0.76	3.04	3.18	3.04	3.01	3.03	3.07	3.11	
Al total	1.97	2.00	3.66	3.32	5.07	5.25	5.11	5.11	5.08	5.12	5.15	1.37
Ti	0.00	0.00	0.19	0.20	0.10	0.09	0.09	0.12	0.10	0.08	0.07	0.00
Fe	2.01	1.98	1.88	1.55	0.11	0.13	0.16	0.15	0.13	0.12	0.12	
Fe3+	0.02	0.01										0.00
Fe2+	1.99	1.96										
Mn	0.02	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.57	0.62	2.63	2.99	0.26	0.22	0.27	0.26	0.25	0.26	0.22	0.00
Ca	0.43	0.37	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29
Na			0.09	0.10	0.22	0.17	0.18	0.21	0.24	0.23	0.17	0.72
K			1.59	1.59	1.50	1.26	1.47	1.58	1.53	1.53	1.54	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
OH*			4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Total	8.00	8.01	19.33	19.20	22.31	22.32	22.33	22.43	22.36	22.42	22.39	5.03
Nbre d'Ox (Si)	12	12	22	22	22	22	22	22	22	22	22	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.22	0.24	0.58	0.66	0.7	0.63	0.63	0.64	0.65	0.68	0.64	
Ab												71.09
An												28.87
Or												0.04
Almandine	65.9	64.9										
Andradite	1.2	0.7										
Grossular	13.3	11.8										
Pyrope	19.0	20.8										
Spessartine	0.6	1.8										

échantillon	Gneiss à amphibole - BOG8-2																		
minéral	Grt				Hbl					Bt				Pl				Sph	Ap
N° sonde	83	86	91	92	73	75	76	82	85	78	80	87	89	77	79	88	90	74	67
	2b	2c	2e-bord	2e-cœur	1c	1d	1e	2b	2c	1f	2a	2d	2e	1f	2a	2d	2e	1c	1a
SiO2	38.67	38.61	38.56	38.47	42.90	42.74	43.70	43.14	42.74	37.84	37.50	37.43	37.75	61.19	61.02	61.88	61.15	30.24	0.00
TiO2	0.07	0.06	0.02	0.06	0.87	1.03	1.32	1.27	0.94	2.44	2.37	2.53	2.42	0.00	0.01	0.00	0.00	38.11	0.00
Al2O3	21.75	21.62	21.87	21.73	15.05	14.44	14.31	14.53	14.74	17.37	16.95	17.07	17.19	25.71	25.71	25.13	25.35	1.85	0.00
FeOtot.	23.81	24.21	24.21	23.83	13.33	13.68	12.41	13.17	13.59	16.84	16.73	17.18	17.08					0.36	0.15
Fe2O3recalc.	0.42	0.56	0.26	0.55	1.68	1.17	3.05	1.44	1.68					0.02	0.03	0.00	0.06		
MnO	1.83	2.02	2.19	1.70	0.09	0.13	0.04	0.18	0.10	0.06	0.07	0.02	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.01
MgO	2.95	2.95	2.81	3.35	9.99	9.45	10.20	10.11	9.61	12.52	12.31	12.16	12.31	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00
CaO	12.28	11.81	11.77	11.85	11.89	11.48	11.47	11.77	11.64	0.25	0.04	0.07	0.07	6.74	6.72	6.20	6.78	28.77	55.68
Na2O					1.54	1.45	1.39	1.34	1.45	0.18	0.12	0.18	0.15	7.96	7.99	8.41	7.91	0.03	0.02
K2O					1.46	1.24	1.45	1.57	1.47	8.46	9.31	9.30	8.90	0.10	0.11	0.14	0.08	0.00	0.02
F																		0.22	3.68
Cl																		0.00	0.12
H2O*					2.04	1.99	2.05	2.04	2.03	4.13	4.07	4.08	4.12						
Total	101.78	101.83	101.69	101.55	100.82	98.80	101.38	100.55	99.97	100.09	99.47	100.03	100.17	101.71	101.58	101.75	101.35	99.69	59.68
FORMULE STRUCTURALE																			
Si	2.99	2.99	2.98	2.97	6.29	6.38	6.35	6.33	6.32	5.49	5.51	5.48	5.50	2.68	2.67	2.70	2.69	4.00	0.00
Al iv	0.01	0.01	0.02	0.03	1.71	1.62	1.65	1.67	1.68	2.51	2.49	2.52	2.50						
Al vi	1.97	1.96	1.98	1.96	0.89	0.92	0.80	0.85	0.89	0.46	0.45	0.43	0.45						
Al total	1.98	1.97	2.00	1.98						2.97	2.94	2.95	2.95	1.33	1.33	1.29	1.31	0.29	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.12	0.14	0.14	0.10	0.27	0.26	0.28	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	3.78	0.00
Fe										2.04	2.06	2.10	2.08					0.04	
Fe3+	0.02	0.03	0.02	0.03	0.19	0.13	0.33	0.16	0.19					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Fe2+	1.54	1.57	1.57	1.54	1.63	1.71	1.51	1.62	1.68										0.06
Mn	0.12	0.13	0.14	0.11	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Mg	0.34	0.34	0.32	0.39	2.18	2.10	2.21	2.21	2.12	2.71	2.70	2.66	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	1.02	0.98	0.98	0.98	1.87	1.84	1.79	1.85	1.84	0.04	0.01	0.01	0.01	0.32	0.32	0.29	0.32	4.08	25.92
Na					0.44	0.42	0.39	0.38	0.42	0.05	0.03	0.05	0.04	0.68	0.68	0.71	0.67	0.01	0.02
K					0.27	0.24	0.27	0.29	0.28	1.57	1.75	1.74	1.65	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
F																			5.05
Cl																			0.09
OH*					1.99	1.98	1.98	2.00	2.00	4.00	3.99	3.99	4.00						
Total	8.01	8.01	8.01	8.02	17.56	17.47	17.42	17.53	17.53	19.14	19.25	19.26	19.19	5.00	5.00	5.01	5.00	12.21	31.15
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	23	23	23	23	23	22	22	22	22	8	8	8	8	2	26

Mg/(Mg+Fe2+)	0.18	0.18	0.17	0.20	0.57	0.55	0.59	0.58	0.56	0.57	0.57	0.56	0.56						
Ab														67.8	67.9	70.5	67.6		
An														31.7	31.5	28.7	32.0		
Or														0.6	0.6	0.8	0.4		
Almandin	50.6	51.4	51.6	50.3															
Andradite	1.2	1.6	0.8	1.6															
Grossulaire	32.7	31.1	32.0	31.3															
Pyrope	11.4	11.4	10.9	13.0															
Spessartine	4.0	4.4	4.8	3.7															

Echantillon	Micaschiste à grenat-disthène - BOG9								
minéraux	Grt				Bt			Mu	
N° sonde	10	13	14	16	11	15	17	12	19
	1a	1b	1b	1c	1a	1b	1c	1a	1c
SiO2	38.91	38.33	38.02	38.67	38.17	37.69	37.88	46.83	47.02
TiO2	0.01	0.07	0.04	0.00	1.33	1.42	1.65	1.46	1.32
Al2O3	21.69	22.08	21.70	22.18	18.73	18.82	18.87	34.02	34.01
FeO	28.91	29.94	29.66	29.20	13.13	13.47	13.82	0.89	1.14
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00					
MnO	0.81	0.65	0.66	0.76	0.02	0.00	0.10	0.00	0.00
MgO	5.50	4.70	4.69	5.05	13.98	13.92	13.63	1.13	1.25
CaO	4.95	4.69	4.74	5.06	0.06	0.01	0.01	0.00	0.06
Na2O					0.26	0.28	0.28	0.93	0.90
K2O					8.52	8.35	8.73	9.26	9.47
H2O*					4.14	4.11	4.14	4.72	4.74
Total	100.77	100.44	99.50	100.91	98.34	98.08	99.10	99.24	99.91
FORMULE STRUCTURALE									
Si	3.02	2.99	3.00	2.99	5.53	5.49	5.48	5.95	5.95
Al iv	0.00	0.01	0.00	0.01	2.47	2.51	2.52	2.05	2.05
Al vi	1.98	2.02	2.02	2.02	0.73	0.73	0.70	3.05	3.02
Al total	1.98	2.04	2.02	2.03	3.20	3.23	3.22	5.10	5.07
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.16	0.18	0.14	0.13
Fe	1.88	1.99	1.98	1.92	1.59	1.64	1.67	0.09	0.12
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00					
Fe2+	1.88	1.99	1.98	1.92					
Mn	0.05	0.04	0.04	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Mg	0.64	0.55	0.55	0.58	3.02	3.02	2.94	0.21	0.24
Ca	0.41	0.39	0.40	0.42	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Na					0.07	0.08	0.08	0.23	0.22
K					1.57	1.55	1.61	1.50	1.53
OH*					4	4	4	4	4
Total	7.99	8.00	8.00	8.00	19.14	19.18	19.19	22.33	22.33
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	22	22	22	22	22
Mg/(Mg+Fe2+)	0.25	0.22	0.22	0.23	0.65	0.65	0.64	0.69	0.66
Almandin	63.0	67.0	66.6	64.6					
Andradite	0.0	0.0	0.0	0.0					
Grossulaire	13.8	13.2	13.4	14.1					
Pyrope	21.4	18.4	18.5	19.6					
Spessartine	1.8	1.4	1.5	1.7					

échantillon	Hornblendite à épidote - HE7			
minéral	Hbl		Ep	
N° sonde	18	19	16	17
SiO2	44	44	39.48	39.52
TiO2	0.71	0.64	0.07	0.00
Al2O3	16.41	16.33	32.73	32.35
FeOtot.	9.45	7.56	1.45	1.32
Fe2O3recalc.	2.93	5.54		
MnO	0.12	0.13	0.00	0.10
MgO	10.85	11.09	0.02	0.02
CaO	11.65	11.34	24.39	24.72
Na2O	1.33	1.21	0.09	0.03
K2O	0.60	0.61	0.04	0.00
H2O*	2.08	2.09		
Total	99.88	100.54	98.27	98.05
FORMULE STRUCTURALE				
Si	6.32	6.29	3.00	3.01
Al iv	1.68	1.71		
Al vi	1.11	1.05		
Al total	2.79	2.75	2.93	2.90
Ti	0.08	0.07	0.00	0.00
Fe			0.09	0.08
Fe3+	0.32	0.60		
Fe2+	1.14	0.90		
Mn	0.01	0.02	0.00	0.01
Mg	2.33	2.37	0.00	0.00
Ca	1.80	1.74	1.99	2.02
Na	0.37	0.34	0.01	0.00
K	0.11	0.11	0.00	0.00
OH*	2.00	1.99		
Total	17.28	17.17	8.03	8.02
Nbre d'Ox (Si)	23	23	12.5	12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.67	0.72		

échantillon	Micaschiste à grenat-disthène - HA5												
minéral	Grt							Bt					
N° sonde	64	71	73	77	79	81	84	62	76	80	83	85	89
	1a	2a	2b	2c	3a-interm	3a-interm	3a-bord	1a	2c	3a-inc	3a-inc	3a-inc	4a
SiO2	38.95	39.35	38.79	37.52	38.99	38.81	37.44	38.51	38.63	38.84	38.11	38.00	38.41
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	1.66	1.33	1.61	1.22	1.27	1.69
Al2O3	22.62	21.44	22.13	21.68	22.07	21.98	21.33	18.12	18.40	18.59	18.80	18.36	18.19
FeOtot.	23.08	19.84	20.61	21.94	20.52	20.83	20.68	9.22	9.38	9.00	8.89	9.39	9.12
MnO	4.14	7.03	6.75	6.12	6.81	7.25	6.67	0.20	0.12	0.14	0.09	0.10	0.14
MgO	7.79	6.22	6.98	6.78	6.98	6.65	6.61	16.64	16.43	16.66	16.71	16.90	16.86
CaO	3.35	4.62	4.58	4.14	4.36	4.25	4.19	0.03	0.10	0.07	0.14	0.22	0.09
Na2O								0.28	0.30	0.27	0.22	0.23	0.25
K2O								8.95	8.56	8.97	8.40	8.31	8.69
F								0.04	0.02	0.05	0.03	0.02	0.05
Cl								0.28	0.23	0.18	0.19	0.26	0.32
H2O*								4.09	4.11	4.15	4.09	4.07	4.07
Total	99.93	98.51	99.83	98.22	99.73	99.81	96.91	98.00	97.61	98.51	96.89	97.13	97.88
FORMULE STRUCTURALE													
Si	2.99	3.06	3.00	2.97	3.01	3.00	2.99	5.52	5.54	5.52	5.50	5.50	5.51
Al iv	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	2.48	2.46	2.48	2.50	2.50	2.49
Al vi	2.04	1.98	2.02	1.99	2.01	2.01	2.01	0.59	0.65	0.63	0.70	0.63	0.59
Al total	2.05	1.98	2.02	2.02	2.01	2.01	2.01	3.06	3.11	3.11	3.20	3.13	3.08
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.14	0.17	0.13	0.14	0.18
Fe								1.11	1.13	1.07	1.07	1.14	1.10
Fe2+	1.53	1.35	1.36	1.45	1.36	1.38	1.40						
Mn	0.27	0.46	0.44	0.41	0.45	0.48	0.45	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
Mg	0.89	0.72	0.80	0.80	0.80	0.77	0.79	3.56	3.51	3.53	3.60	3.64	3.61
Ca	0.28	0.39	0.38	0.35	0.36	0.35	0.36	0.00	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01
Na								0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07
K								1.64	1.57	1.63	1.55	1.53	1.59
F								0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
Cl								0.07	0.06	0.04	0.05	0.06	0.08
OH*								3.92	3.94	3.94	3.94	3.93	3.90
Total	8.00	7.96	8.00	8.01	7.99	7.99	8.00	19.17	19.12	19.13	19.15	19.19	19.17
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	22	22	22	22	22	22
Mg/(Mg+Fe2+)	0.37	0.35	0.37	0.36	0.37	0.36	0.36	0.76	0.76	0.77	0.77	0.76	0.77
Almandin	51.6	46.2	45.5	47.4	45.8	46.3	46.6						
Andradite	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0						
Grossulaire	9.3	13.2	12.7	11.6	12.1	11.7	11.9						
Pyrope	30.0	24.7	27.0	26.9	27.1	25.8	26.3						
Spessartine	9.1	15.9	14.8	13.8	15.0	16.0	15.1						

échantillon	HA5											
minéral	Mu							Ap				
N° sonde	59	60	67	68	88	92	95	72	86	90	93	94
	1c	1a	1b	2a	4a	4a	4b	2a	4a	4a	4b-cœur	4b-bord
SiO2	46.24	46.50	46.89	47.43	46.82	46.81	47.27	0.05	0.00	0.01	0.00	0.12
TiO2	1.19	1.33	1.17	1.47	1.00	1.10	1.28	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00
Al2O3	33.23	32.50	33.69	33.10	32.92	32.81	33.44	0.00	0.07	0.00	0.00	0.06
FeOtot.	0.74	0.99	0.80	0.85	0.74	0.81	0.90	0.05	0.11	0.03	0.00	0.09
MnO	0.00	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.10	0.14	0.10	0.14
MgO	1.52	1.95	1.80	2.00	1.76	1.71	1.70	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
CaO	0.11	0.14	0.03	0.03	0.05	0.11	0.08	56.36	56.36	56.89	56.56	55.24
Na2O	0.86	0.78	1.00	0.80	0.75	0.82	0.90	0.07	0.00	0.00	0.00	0.04
K2O	9.62	9.82	10.02	9.90	9.97	9.60	9.91	0.03	0.00	0.00	0.00	0.15
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.47	3.74	3.74	3.76	3.28
Cl	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	0.09	0.08	0.05	0.06	0.06
H2O*	4.44	4.45	4.52	4.54	4.47	4.46	4.53					
Total	97.95	98.53	99.92	100.13	98.48	98.24	100.02	60.12	60.46	60.86	60.55	59.17
FORMULE STRUCTURALE												
Si	6.24	6.25	6.21	6.26	6.28	6.29	6.25	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05
Al iv	1.76	1.75	1.79	1.74	1.72	1.71	1.75					
Al vi	3.52	3.41	3.48	3.42	3.49	3.49	3.47					
Al total	5.28	5.15	5.26	5.15	5.21	5.20	5.21	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03
Ti	0.12	0.13	0.12	0.15	0.10	0.11	0.13	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Fe	0.08	0.11	0.09	0.09	0.08	0.09	0.10					
Fe2+								0.02	0.04	0.01	0.00	0.03
Mn	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.31	0.39	0.36	0.39	0.35	0.34	0.34	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Ca	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	25.90	25.87	25.93	25.89	25.71
Na	0.22	0.20	0.26	0.20	0.19	0.21	0.23	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03
K	1.65	1.69	1.69	1.67	1.71	1.65	1.67	0.02	0.00	0.00	0.00	0.08
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70	5.05	5.02	5.07	4.50
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.03	0.05	0.05
OH*	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	17.92	17.96	17.99	17.93	17.93	17.91	17.94	30.77	31.06	31.00	31.06	30.48
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	22	22	22	22	26	26	26	26	26
Mg/(Mg+Fe2+)	0.79	0.78	0.80	0.81	0.81	0.79	0.77					

échantillon	Gneiss à biotite - MD1											
minéral	Grt				Bt				Pl			
N° sonde	27	32	36	37	33	34	40	41	30	31	35	38
	1a	1b	1d	1d	1b	1b	1e	1e	1b-cœur	1b-bord	1c	1d
SiO2	38.12	38.32	38.29	38.49	36.56	37.12	37.23	36.53	60.17	60.80	59.00	60.88
TiO2	0.00	0.00	0.02	0.04	2.23	2.17	1.87	2.16	0.00	0.04	0.00	0.00
Al2O3	20.91	21.49	21.58	21.36	16.84	17.10	16.99	16.86	25.45	25.35	24.93	24.94
FeOtot.	25.41	25.69	25.71	25.97	15.15	15.32	15.39	15.58				
MnO	0.91	0.78	0.82	0.75	0.12	0.16	0.03	0.04	0.00	0.00	0.11	0.00
MgO	3.81	4.07	3.96	3.91	12.69	12.71	12.82	12.39	0.04	0.00	0.02	0.00
CaO	8.83	8.79	9.32	8.66	0.00	0.05	0.05	0.04	6.91	6.87	7.01	6.55
Na2O					0.27	0.21	0.18	0.22	7.65	7.89	7.92	8.08
K2O					8.82	8.93	8.70	8.95	0.04	0.07	0.06	0.05
H2O*					3.97	4.02	4.01	3.96				
Total	98.02	99.18	99.71	99.17	96.65	97.80	97.27	96.73	100.26	101.01	99.04	100.50
FORMULE STRUCTURALE												
Si	3.04	3.01	3.01	3.03	5.51	5.52	5.55	5.52	2.67	2.68	2.66	2.70
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	2.48	2.45	2.48				
Al vi	1.97	2.00	2.00	1.98	0.51	0.51	0.54	0.52				
Al total	1.97	2.00	2.00	1.98	2.99	3.00	2.99	3.00	1.33	1.32	1.32	1.30
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.24	0.21	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe					1.91	1.90	1.92	1.97				
Fe2+	1.70	1.71	1.69	1.73								
Mn	0.06	0.05	0.05	0.05	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.45	0.48	0.46	0.46	2.85	2.82	2.85	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.75	0.74	0.78	0.73	0.00	0.01	0.01	0.01	0.33	0.32	0.34	0.31
Na					0.08	0.06	0.05	0.06	0.66	0.67	0.69	0.69
K					1.70	1.69	1.65	1.72	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*					4.00	3.99	3.98	3.99				
Total	7.98	7.99	8.00	7.98	19.31	19.25	19.22	19.31	4.99	5.00	5.02	5.00
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	22	22	22	22	8	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.21	0.22	0.22	0.21	0.60	0.60	0.60	0.59				
Ab									66.5	67.3	66.9	68.9
An									33.2	32.4	32.7	30.8
Or									0.3	0.4	0.3	0.3
Almandin	57.0	57.3	56.5	58.3								
Andradite	0.0	0.0	0.0	0.0								
Grossulaire	25.5	24.7	26.2	24.5								
Pyrope	15.3	16.0	15.5	15.4								
Spessartine	2.1	1.7	1.8	1.7								

échantillon	Micaschiste à grenat - MK1								
minéral	Grt		Bt				Mu	Cal	Pl
N° sonde	30	31	27	28	32	33	25	29	26
	1a-bord	1a-cœur	1a-inc	1a-inc	1a-inc	1a-inc	1a	1a-inc	1a
SiO2	37.31	37.54	36.30	36.21	35.27	36.86	46.87	0.00	64.34
TiO2	0.00	0.01	1.78	1.84	1.94	1.73	1.14	0.00	0.00
Al2O3	21.12	21.16	17.18	17.05	17.40	17.94	30.69	0.02	22.11
FeOtot.	30.30	29.81	18.34	19.76	17.79	18.08	1.91	0.03	0.00
MnO	3.36	3.58	0.21	0.12	0.02	0.19	0.00	0.09	0.04
MgO	2.81	2.74	10.17	9.74	10.08	10.34	1.74	0.00	0.00
CaO	4.09	4.52	0.03	0.09	0.13	0.00	0.00	54.38	3.09
Na2O	0.00	0.03	0.04	0.04	0.13	0.08	0.54	0.02	9.97
K2O	0.00	0.02	8.76	8.82	8.24	8.69	9.98		0.06
H2O*			3.92	3.92	3.84	3.99	4.38		
Total	98.98	99.39	96.73	97.61	94.84	97.90	97.25	54.55	99.61
FORMULE STRUCTURALE									
Si	3.01	3.01	5.56	5.53	5.51	5.54	6.41	0.00	2.85
Al iv	0.00	0.00	2.44	2.47	2.49	2.46	1.59		
Al vi	2.01	2.00	0.66	0.60	0.71	0.71	3.36		
Al total	2.01	2.00	3.10	3.07	3.20	3.18	4.95	0.00	1.15
Ti	0.00	0.00	0.21	0.21	0.23	0.20	0.12	0.00	
Fe			2.35	2.53	2.32	2.27	0.22	0.00	
Fe2+	2.06	2.02							
Mn	0.23	0.24	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Mg	0.34	0.33	2.32	2.22	2.35	2.32	0.35		0.00
Ca	0.35	0.39	0.00	0.02	0.02	0.00	0.14	2.00	0.15
Na			0.01	0.01	0.04	0.02	1.74	0.00	0.86
K			1.71	1.72	1.64	1.66			0.00
OH*			4.00	4.00	4.00	4.00	4.00		
Total	7.99	7.99	19.28	19.32	19.32	19.21	17.94	2.00	5.01
Nbre d'Ox (Si)	12	12	22	22	22	22	22	6	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.14	0.14	0.50	0.47	0.50	0.50	0.62		
Ab									85.1
An									14.6
Or									0.3
Almandin	69.2	67.8							
Andradite	0.0	0.0							
Grossulaire	11.8	13.1							
Pyrope	11.3	11.0							
Spessartine	7.7	8.2							

échantillon	Micaschiste à grenat - MN1						
minéral	Grt				Bt		Pl
N° sonde	133	134	136	137	131	132	130
	1a-brd	1a-brd	1a-cœur	1a-cœur	1a	1a	1a
SiO2	38.47	38.17	38.61	35.54	35.99	37.00	63.24
TiO2	0.00	0.00	0.02	5.56	2.12	1.86	0.00
Al2O3	21.12	21.35	21.63	19.96	18.96	18.76	22.75
FeOtot.	31.29	33.05	31.53	29.03	16.73	15.79	0.00
MnO	0.65	0.78	0.72	0.78	0.17	0.04	0.03
MgO	4.98	4.76	5.28	5.01	11.61	11.92	0.02
CaO	3.43	3.60	3.32	3.37	0.04	0.00	4.35
Na2O	0.02	0.05	0.00	0.00	0.22	0.19	9.08
K2O	0.00	0.00	0.00	0.02	7.66	9.07	0.07
H2O*					4.00	4.06	
Total	99.97	101.77	101.10	99.28	97.50	98.68	99.53
FORMULE STRUCTURALE							
Si	3.04	2.98	3.01	2.82	5.39	5.46	2.81
Al iv	0.00	0.02	0.00	0.18	2.61	2.54	
Al vi	1.96	1.95	1.99	1.69	0.74	0.72	
Al total	1.96	1.97	1.99	1.87	3.35	3.26	1.19
Ti	0.00	0.00	0.00	0.33	0.24	0.21	
Fe					2.10	1.95	
Fe3+	0.00	0.04	0.00	0.00			
Fe2+	2.06	2.12	2.06	1.96			
Mn	0.04	0.05	0.05	0.05	0.02	0.00	0.00
Mg	0.59	0.55	0.61	0.59	2.59	2.62	0.00
Ca	0.29	0.30	0.28	0.29	0.01	0.00	0.21
Na					0.06	0.05	0.78
K					1.46	1.71	0.00
OH*					4.00	4.00	
Total	7.98	8.02	7.99	7.92	19.22	19.26	4.99
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	22	22	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.22	0.21	0.23	0.23	0.55	0.57	
Ab							78.8
An							20.8
Or							0.4
Almandin	68.8	69.6	68.5	66.7			
Andradite	0.0	2.2	0.0	0.0			
Grossulaire	9.8	7.9	9.2	10.2			
Pyrope	19.9	18.6	20.6	21.2			
Spessartine	1.5	1.7	1.6	1.9			

échantillon	Micaschiste à grenat - NB3														
minéral	Grt		Bt		Mu			Pl						Chl	
N° sonde	146	147	149	151	140	142	154	139	141	143	144	145	153	150	152
	2a-brd	2a-cœur	2a-inclus.	2a	1b	1b	2d	1a	1b	1b	1b	1c	2b	2a	2a
SiO2	37.98	38.50	37.22	36.65	48.48	48.39	49.07	63.71	61.83	64.81	62.89	61.76	61.29	26.15	25.52
TiO2	0.01	0.02	1.98	1.85	0.72	0.94	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06
Al2O3	21.73	21.71	17.54	17.19	33.51	33.69	32.24	22.98	24.33	22.39	23.47	24.42	24.54	22.14	21.96
FeOtot.	32.65	31.19	17.40	17.58	1.32	1.28	1.52	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.06	21.87	22.83
MnO	1.52	0.80	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.05	0.03	0.01	0.00	0.18	0.22
MgO	4.54	5.86	10.89	11.14	1.27	1.32	1.66	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	16.85	16.47
CaO	2.53	2.83	0.04	0.00	0.02	0.04	0.00	4.36	5.90	3.69	4.95	5.99	6.18	0.02	0.00
Na2O	0.01	0.02	0.15	0.14	0.56	0.88	0.62	9.19	7.99	9.05	8.41	8.05	8.08	0.01	0.00
K2O	0.00	0.00	9.46	9.38	10.35	9.50	9.29	0.06	0.08	0.07	0.08	0.10	0.05	0.00	0.06
H2O*			4.03	3.98	4.56	4.57	4.54								
Total	100.97	100.92	98.82	98.05	100.78	100.60	99.76	100.36	100.17	100.06	99.89	100.36	100.22	87.28	87.12
FORMULE STRUCTURALE															
Si	2.99	3.00	5.54	5.52	6.37	6.34	6.48	2.80	2.74	2.85	2.78	2.73	2.72	5.42	5.34
Al iv	0.01	0.00	2.46	2.48	1.63	1.66	1.52							2.58	2.66
Al vi	2.00	1.99	0.62	0.58	3.56	3.55	3.50							2.82	2.75
Al total	2.02	1.99	3.08	3.05	5.19	5.21	5.02	1.19	1.27	1.16	1.22	1.27	1.28	5.41	5.41
Ti	0.00	0.00	0.22	0.21	0.07	0.09	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Fe			2.17	2.22	0.14	0.14	0.17							3.79	3.99
Fe2+	2.15	2.03													
Mn	0.10	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04
Mg	0.53	0.68	2.42	2.50	0.25	0.26	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	5.13
Ca	0.21	0.24	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.21	0.28	0.17	0.23	0.28	0.29	0.00	0.00
Na			0.04	0.04	0.14	0.22	0.16	0.78	0.69	0.77	0.72	0.69	0.69	0.00	0.00
K			1.80	1.80	1.73	1.59	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
OH*			4.00	4.00	4.00	4.00	4.00								
Total	8.01	8.00	19.28	19.37	17.90	17.86	17.79	4.99	4.98	4.96	4.97	4.98	4.99	19.87	19.94
Nbre d'Ox (Si)	12	12	22	22	22	22	22	8	8	8	8	8	8	36	36
Mg/(Mg+Fe2+)	0.20	0.25	0.53	0.53											
Ab								79.0	70.7	81.3	75.1	70.4	70.1		
An								20.7	28.8	18.3	24.4	29.0	29.6		
Or								0.3	0.5	0.4	0.5	0.6	0.3		
Almandin	71.7	67.7													
Andradite	0.0	0.1													
Grossulaire	7.1	7.7													
Pyrope	17.8	22.7													
Spessartine	3.4	1.8													

Echantillon	Micaschiste à grenat - NLB1																								
minéraux	Grt										Bt						Mu		Pl						
N° sonde	120	121	123	129	132	133	136	137	140	145	127	128	135	138	141	143	125	130	122	124	126	131	139	142	144
	1a-cœur	1a-interm.	1a-bord	1b	3a	3b	3b	3c	2a	2a	1a	1b	3b-inc	2a-inc	2a	2a	1a	1b	1a	1a	1a	3a	2a	2a	2a
SiO2	34.28	38.20	37.78	36.41	37.67	37.65	37.10	36.35	37.25	37.56	37.09	37.10	37.21	36.85	36.99	36.56	46.10	46.39	61.80	62.09	62.08	61.67	60.57	61.53	61.23
TiO2	0.74	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.01	2.18	1.78	1.72	1.57	1.52	1.24	0.96	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Al2O3	22.23	21.56	21.65	21.16	21.78	21.92	22.03	21.94	21.97	21.81	17.62	17.85	17.73	17.94	18.95	17.53	33.24	33.34	24.18	24.22	24.30	24.14	24.50	24.34	24.65
FeO	29.95	31.79	31.77	30.79	32.04	31.98	30.66	31.32	32.16	31.91	17.56	15.48	16.64	16.77	15.67	17.46	1.64	1.92							
Fe2O3	1.79	0.43	0.49	1.47	0.58	0.37	0.00	0.55	0.26	0.24									0.08	0.00	0.00	0.06	0.02	0.05	0.04
MnO	1.06	0.85	0.93	0.81	0.90	1.06	0.90	0.98	0.94	0.90	0.04	0.03	0.03	0.00	0.16	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.05	0.04	0.00
MgO	6.73	5.09	5.01	5.90	4.66	4.73	4.28	4.65	4.39	4.54	12.05	11.36	11.47	11.49	11.76	11.73	1.38	1.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
CaO	3.20	3.48	3.52	3.10	4.01	3.74	5.04	4.16	3.96	3.92	0.00	0.17	0.08	0.05	0.00	0.19	0.00	0.00	5.22	5.32	5.11	5.49	5.55	5.39	5.63
Na2O											0.10	0.18	0.13	0.16	0.23	0.22	0.85	0.94	8.65	9.06	8.57	8.78	8.81	8.92	8.79
K2O											9.26	9.08	9.36	9.03	9.51	8.99	9.99	10.04	0.04	0.04	0.05	0.15	0.03	0.00	0.08
H2O*											4.07	4.02	4.03	1.95	4.06	4.00	4.46	4.48							
Total	99.97	101.39	101.16	99.64	101.67	101.45	100.00	99.94	100.92	100.87	99.80	97.47	98.49	95.98	98.93	98.30	98.96	99.61	99.97	100.73	100.16	100.32	99.51	100.26	100.45
FORMULE STRUCTURALE																									
Si	2.74	2.98	2.96	2.90	2.95	2.95	2.94	2.90	2.94	2.96	5.47	5.54	5.53	0.00	5.46	5.49	6.20	6.21	2.74	2.74	2.74	2.73	2.71	2.73	2.71
Al iv	0.26	0.02	0.04	0.10	0.05	0.05	0.06	0.10	0.06	0.04	2.53	2.46	2.47	6.51	2.54	2.51	1.80	1.79							
Al vi	1.84	1.97	1.97	1.90	1.96	1.98	2.00	1.96	1.98	1.98	0.53	0.68	0.64	0.00	0.75	0.59	3.47	3.47							
Al total	2.10	1.99	2.00	2.00	2.01	2.03	2.06	2.06	2.04	2.03	3.06	3.14	3.11	6.51	3.30	3.10	5.27	5.26	1.26	1.26	1.27	1.26	1.29	1.27	1.29
Ti	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.24	0.20	0.40	0.17	0.17	0.13	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe											2.16	1.93	2.07	4.32	1.93	2.19	0.18	0.21							
Fe3+	0.11	0.03	0.03	0.09	0.03	0.02	0.00	0.03	0.02	0.01									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2+	2.00	2.08	2.08	2.05	2.10	2.10	2.03	2.09	2.12	2.10															
Mn	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.80	0.59	0.59	0.70	0.54	0.55	0.51	0.55	0.52	0.53	2.65	2.53	2.54	5.27	2.59	2.62	0.28	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.27	0.29	0.30	0.27	0.34	0.31	0.43	0.35	0.33	0.33	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.25	0.25	0.24	0.26	0.27	0.26	0.27
Na											0.03	0.05	0.04	0.09	0.06	0.06	0.22	0.24	0.74	0.77	0.73	0.75	0.76	0.77	0.75
K											1.74	1.73	1.78	3.55	1.79	1.72	1.71	1.71	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
OH*											4.00	4.00	4	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00							
Total	8.13	8.01	8.02	8.06	8.03	8.03	8.03	8.06	8.03	8.02	19.34	19.20	22.39	24.17	19.33	19.40	18.00	18.04	5.00	5.02	4.99	5.02	5.03	5.02	5.03
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	23	23	23		23	23	23	23	8	8	8	8	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.29	0.22	0.22	0.25	0.21	0.21	0.20	0.21	0.20	0.20	0.55	0.57	0.55	0.55	0.57	0.54	0.40	0.42							
Ab																			74.8	75.3	75.0	73.7	74.1	75.0	73.5

An																			25.0	24.4	24.7	25.5	25.8	25.0	26.0
Or																			0.2	0.2	0.3	0.8	0.2	0.0	0.4
Almandine	58.12	68.50	68.16	64.83	68.11	68.25	66.19	66.41	68.92	68.79															
Andradite	5.89	1.27	1.47	4.56	1.74	1.09	0.00	1.72	0.78	0.73															
Grossular	4.10	8.42	8.49	4.57	9.61	9.54	14.55	10.53	10.61	10.45															
Pyrope	29.27	19.86	19.77	24.16	18.45	18.73	17.21	19.06	17.55	18.01															
Spessartine	2.62	1.88	2.08	1.88	2.03	2.38	2.05	2.28	2.14	2.02															

échantillon	Gneiss à amphibole - NO7													
minéral	Grt				Hbl				Bt			Pl		
N° sonde	1	2	3	15	4	5	13	14	9	10	11	6	7	12
	1a-cœur	1a-interm.	1a-bord	1d	1a-bord	1a-bord	1d-bord	1d-bord	1c-cœur	1c-inter.	1c-bord	1b-cœur	1b-inter.	1d
SiO2	38.34	38.35	38.42	37.41	41.93	43.78	44.18	43.84	36.99	37.67	37.48	63.25	61.57	63.09
TiO2	0.05	0.02	0.00	0.04	0.77	1.13	0.91	1.31	2.60	2.52	2.58	0.01	0.00	0.01
Al2O3	21.26	21.89	21.90	20.91	15.61	13.57	14.67	13.63	16.50	16.29	17.01	23.73	26.43	23.14
FeOtot.	26.45	26.58	26.72	26.22	8.30	12.10	12.53	11.26	17.12	17.31	16.30			
Fe2O3recalc.	0.22	0.12	0.08	0.34	8.14	3.70	2.61	4.80				0.03	0.24	0.12
MnO	2.74	3.13	2.78	2.84	0.25	0.17	0.17	0.22	0.06	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00
MgO	3.59	3.59	3.36	3.37	10.63	10.07	9.89	10.10	12.59	12.60	12.04	0.02	0.01	0.03
CaO	7.78	7.90	8.37	7.62	11.28	11.21	11.75	11.01	0.07	0.11	0.12	4.46	4.47	4.23
Na2O					2.05	1.77	1.44	1.67	0.18	0.21	0.08	9.61	8.58	9.40
K2O					0.64	0.74	0.53	0.79	8.88	8.69	8.98	0.09	0.02	0.02
H2O*					2.07	2.04	2.06	2.05	4.04	4.09	4.06			
Total	100.43	101.58	101.62	98.739	101.66	100.3	100.74	100.66	99.022	99.518	98.68	101.179561	101.310161	100.035025
FORMULE STRUCTURALE														
Si	3.01	2.98	2.99	3.00	6.05	6.42	6.41	6.39	5.48	5.53	5.53	2.77	2.69	2.79
Al iv	0.00	0.02	0.01	0.00	1.95	1.58	1.59	1.61	2.52	2.47	2.47			
Al vi	1.97	1.99	1.99	1.97	0.71	0.76	0.92	0.73	0.36	0.34	0.48			
Al total	1.97	2.01	2.01	1.98	2.66	2.34	2.51	2.34	2.88	2.82	2.96	1.22	1.36	1.21
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.12	0.10	0.14	0.29	0.28	0.29	0.00	0.00	0.00
Fe									2.12	2.12	2.01			
Fe3+	0.01	0.01	0.00	0.02	0.88	0.41	0.29	0.53				0.00	0.01	0.00
Fe2+	1.74	1.73	1.74	1.76	1.00	1.48	1.52	1.37						
Mn	0.18	0.21	0.18	0.19	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.42	0.42	0.39	0.40	2.29	2.20	2.14	2.19	2.78	2.76	2.65	0.00	0.00	0.00
Ca	0.66	0.66	0.70	0.65	1.74	1.76	1.83	1.72	0.01	0.02	0.02	0.21	0.21	0.20
Na					0.57	0.50	0.41	0.47	0.05	0.06	0.02	0.82	0.73	0.81
K					0.12	0.14	0.10	0.15	1.68	1.63	1.69	0.00	0.00	0.00
OH*					1.99	2.00	1.99	2.00	3.99	4.00	3.99			
Total	7.99	8.01	8.01	8.00	17.44	17.40	17.34	17.34	22.16	22.02	22.11	5.03	4.99	5.01
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	23	23	23	23	22	22	22	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.19	0.19	0.18	0.19	0.70	0.60	0.58	0.62	0.57	0.56	0.57			
Ab												79.2	77.6	80.0
An												20.3	22.3	19.9
Or												0.5	0.1	0.1

Almandin	57.7	57.1	57.5	58.3										
Andradite	0.7	0.4	0.2	1.0										
Grossulaire	21.4	21.7	23.1	20.8										
Pyrope	14.1	14.0	13.0	13.4										
Spessartine	6.1	6.9	6.1	6.4										

échantillon	Micaschiste à grenat - NS6											
minéral	Grt					Bt				Mu	Chl	Pl
N° sonde	127	131	132	133	134	123	125	128	129	130	126	124
	1a-bord	1a-interm	1a-interm	1a-cœur	1a-cœur	1b	1a	1a-inc	1a-inc	1a-inc	1a	1b
SiO2	38.34	38.18	38.45	36.75	37.81	37.37	36.88	37.91	37.08	45.07	25.88	61.22
TiO2	0.08	0.02	0.00	0.01	0.00	1.48	1.57	0.44	1.56	1.32	0.05	0.00
Al2O3	21.50	21.32	21.18	20.96	21.04	17.01	17.84	18.47	17.38	31.80	22.46	24.33
FeOtot.	30.30	31.37	30.45	31.94	33.26	15.85	15.22	18.36	14.70	1.57	19.89	0.00
MnO	0.79	0.96	1.02	0.92	0.93	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
MgO	4.03	4.95	4.83	3.99	3.73	13.08	13.01	10.87	13.09	1.38	19.30	0.00
CaO	6.41	3.74	4.06	4.19	4.20	0.00	0.06	0.11	0.00	0.00	0.04	5.82
Na2O	0.03	0.13	0.11	0.07	0.01	0.30	0.20	0.58	0.32	0.84	0.12	8.16
K2O	0.02	0.04	0.00	0.01	0.02	8.68	9.07	7.79	8.86	8.89	0.00	0.07
H2O*						4.04	4.03	4.06	4.01	4.31		
Total	101.49	100.71	100.09	98.84	100.99	97.83	97.90	98.59	97.01	95.19	87.74	99.74
FORMULE STRUCTURALE												
Si	2.99	3.00	3.03	2.97	2.99	5.56	5.49	5.60	5.54	6.27	5.28	2.72
Al iv	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	2.44	2.51	2.40	2.46	1.73	2.72	
Al vi	1.97	1.98	1.97	1.96	1.95	0.54	0.61	0.81	0.60	3.48	2.69	
Al total	1.98	1.98	1.97	2.00	1.96	2.98	3.13	3.21	3.06	5.21		1.28
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.18	0.05	0.18	0.14	0.01	
Fe						1.97	1.89	2.27	1.84			
Fe2+	1.95	2.05	2.01	2.12	2.16							
Fe3+	0.02	0.02	0.00	0.03	0.04					0.00		
Mn	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28		0.00
Mg	0.47	0.58	0.57	0.48	0.44	2.90	2.88	2.39	2.92	0.00	5.87	0.00
Ca	0.54	0.31	0.34	0.36	0.36	0.00	0.01	0.02	0.00	0.23	0.01	0.28
Na						0.09	0.06	0.17	0.09	1.58	0.05	0.70
K						1.65	1.72	1.47	1.69		0.00	0.00
OH*						4.00	4.00	4.00	4.00	4.00		
Total	8.01	8.00	7.98	8.02	8.01	19.31	19.36	19.17	19.31	17.70	16.62	4.99
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	22	22	22	22	22	36	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.19	0.22	0.22	0.18	0.17	0.60	0.60	0.51	0.61			
Ab												71.4
An												28.2
Or												0.4
Almandin	64.7	67.9	66.9	69.5	71.3							
Andradite	1.1	0.9	0.0	1.7	2.0							
Grossulaire	16.7	9.6	11.5	10.5	9.9							
Pyrope	15.7	19.4	19.2	16.2	14.7							
Spessartine	1.7	2.1	2.3	2.1	2.1							

échantillon	Micaschiste à grenat - PK8														
minéral	Grt										Bt		Pl	Cal	Chl
N° sonde	156	157	158	159	164	165	166	167	168	169	155	161	160	163	162
	1a-bord	1a-interm	1a-cœur	1a-cœur	2a-bord	2a-bord	2a-interm	2a-interm	2a-cœur	2a-cœur	1a	1b	1b	2a	2a
SiO2	38.22	38.12	37.55	37.95	38.49	38.10	38.94	37.93	37.74	37.75	37.01	36.88	61.68	0.00	25.55
TiO2	0.04	0.00	0.06	0.04	0.05	0.10	0.17	0.09	0.15	0.20	1.80	1.66	0.00	0.00	22.28
Al2O3	21.03	21.09	20.76	21.07	21.61	20.95	21.51	20.97	21.13	21.01	18.55	17.78	24.16	0.02	0.06
FeOtot.	29.56	28.87	27.83	27.63	30.31	28.09	28.34	28.55	28.06	27.64	16.82	17.13	0.00	2.93	22.25
MnO	0.87	1.83	3.18	3.36	0.48	1.66	2.52	2.83	3.44	3.04	0.04	0.06	0.00	0.37	0.04
MgO	2.10	1.99	1.91	1.67	2.48	1.95	1.68	1.64	1.56	1.58	11.13	11.36	0.02	1.94	16.61
CaO	8.79	8.89	9.28	8.62	8.23	9.33	8.55	8.49	8.84	8.61	0.06	0.00	5.77	53.30	0.00
Na2O	0.05	0.02	0.05	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.03	0.06	0.17	0.17	8.30	0.01	0.03
K2O	0.00	0.01	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	8.98	8.80	0.12	0.01	0.00
H2O*											4.04	4.00			
Total	100.65	100.81	100.66	100.41	101.69	100.20	101.71	100.50	100.95	99.92	98.60	97.85	100.06	58.58	86.82
FORMULE STRUCTURALE															
Si	3.02	3.01	2.98	3.02	3.01	3.02	3.03	3.01	2.99	3.01	5.49	5.52	2.735	0	5.34
Al iv	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.51	2.48			2.66
Al vi	1.96	1.97	1.93	1.98	1.99	1.96	1.98	1.97	1.97	1.98	0.73	0.66			2.83
Al total	1.96	1.97	1.95	1.98	1.99	1.96	1.98	1.97	1.98	1.98	3.24	3.14	1.26	0.00	
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.20	0.19	0.00	0	0.01
Fe											2.09	2.15		0.08	3.89
Fe2+	1.94	1.89	1.79	1.83	1.98	1.85	1.88	1.89	1.84	1.85					
Fe3+	0.01	0.02	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00					
Mn	0.06	0.12	0.21	0.23	0.03	0.11	0.17	0.19	0.23	0.21	0.00	0.01		0.01	0.01
Mg	0.25	0.23	0.23	0.20	0.29	0.23	0.19	0.19	0.18	0.19	2.46	2.54	0.00	0.09	5.17
Ca	0.74	0.75	0.79	0.73	0.69	0.79	0.71	0.72	0.75	0.74	0.01	0.00	0.27	1.82	0.00
Na											0.05	0.05	0.71	0.00	0.01
K											1.70	1.68	0.01	0.00	0.00
OH*											4.00	4.00		2.00	
Total	7.99	8.00	8.02	7.99	7.99	7.99	7.97	7.99	8.00	7.99	19.24	19.27	4.99	6.00	19.91
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	22	22	8	6	36
Mg/(Mg+Fe2+)	0.11	0.11	0.11	0.10	0.13	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.54	0.54			0.57
Ab													71.7		
An													27.6		
Or													0.7		

Almandin	64.5	62.7	58.7	61.0	66.2	61.6	63.6	62.6	61.0	61.9					
Andradite	0.6	0.9	2.8	0.2	0.0	0.5	0.0	0.6	1.0	0.0					
Grossulaire	24.5	24.3	23.6	24.5	23.1	26.4	24.2	23.8	24.1	24.8					
Pyrope	8.3	7.9	7.6	6.6	9.7	7.8	6.6	6.6	6.2	6.3					
Spessartine	2.0	4.1	7.2	7.6	1.1	3.8	5.6	6.4	7.7	6.9					

échantillon	Micaschiste à grenat - PK12																				
minéral	Grt (coupe transversale)																				
N° sonde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	21	22
	bord																				
SiO2	38.00	37.51	38.10	37.79	37.78	37.65	38.14	37.57	37.83	37.85	37.44	37.42	38.12	37.88	38.13	37.85	37.81	37.94	38.07	37.64	37.49
TiO2	0.06	0.08	0.04	0.07	0.06	0.10	0.06	0.16	0.10	0.08	0.13	0.09	0.13	0.09	0.10	0.07	0.13	0.14	0.14	0.11	0.10
Al2O3	20.79	20.98	20.83	21.02	20.90	20.82	20.61	20.89	21.02	20.93	21.20	21.04	20.99	20.84	20.90	20.95	21.05	20.88	20.91	20.95	20.93
FeO	29.09	29.47	29.67	29.75	28.92	28.76	28.55	29.24	27.89	28.76	29.11	27.95	28.50	27.95	28.04	27.31	28.31	27.18	27.60	27.53	26.83
MnO	1.44	1.12	1.46	1.33	1.79	2.19	2.28	2.54	2.76	2.88	3.02	3.08	2.98	3.50	3.72	3.65	3.89	4.19	4.33	4.50	4.62
MgO	2.17	2.40	2.41	2.12	2.05	1.93	1.95	1.91	1.80	1.73	1.74	1.51	1.58	1.61	1.60	1.66	1.60	1.61	1.54	1.59	1.46
CaO	8.04	8.22	7.95	8.37	8.54	8.50	8.80	8.94	8.88	8.90	8.60	8.91	8.85	8.74	8.72	8.34	8.53	8.33	8.19	8.36	8.06
Na2O	0.05	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.08	0.00	0.06	0.07	0.05	0.03	0.04	0.08	0.00	0.05	0.05	0.04	0.12	0.09	0.10
K2O	0.00	0.04	0.03	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
Total	99.63	99.83	100.5	100.5	100.1	99.95	100.5	101.2	100.3	101.2	101.3	100	101.2	100.7	101.2	99.87	101.4	100.313	100.9	100.8	99.64
FORMULE STRUCTURALE																					
Si	3.03	2.99	3.02	3.00	3.01	3.01	3.03	2.97	3.01	2.99	2.97	2.99	3.01	3.01	3.01	3.02	2.99	3.02	3.02	3.00	3.01
Al iv	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Al vi	1.96	1.97	1.95	1.97	1.96	1.96	1.93	1.92	1.97	1.95	1.95	1.98	1.96	1.95	1.95	1.97	1.96	1.96	1.96	1.96	1.98
Al total	1.96	1.97	1.95	1.97	1.96	1.96	1.93	1.95	1.97	1.95	1.98	1.98	1.96	1.95	1.95	1.97	1.96	1.96	1.96	1.97	1.98
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe3+	0.00	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.06	0.01	0.04	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01	0.03	0.00
Fe2+	1.94	1.94	1.94	1.95	1.91	1.90	1.86	1.88	1.84	1.86	1.89	1.85	1.86	1.83	1.82	1.83	1.84	1.80	1.82	1.80	1.81
Mn	0.10	0.08	0.10	0.09	0.12	0.15	0.15	0.17	0.19	0.19	0.20	0.21	0.20	0.24	0.25	0.25	0.26	0.28	0.29	0.30	0.31
Mg	0.26	0.29	0.28	0.25	0.24	0.23	0.23	0.22	0.21	0.20	0.20	0.18	0.19	0.19	0.19	0.20	0.19	0.19	0.18	0.19	0.18
Ca	0.69	0.70	0.68	0.71	0.73	0.73	0.75	0.76	0.76	0.75	0.73	0.76	0.75	0.74	0.74	0.71	0.72	0.71	0.70	0.71	0.69
Total	7.98	8.00	7.99	8.00	8.00	8.00	7.99	8.02	7.99	8.01	8.02	8.00	7.99	8.00	8.00	7.99	8.01	7.99	7.99	8.00	7.99
(O,F) ou Si	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.12	0.13	0.13	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09
Almandin	64.6	64.4	64.3	64.7	63.2	62.8	61.5	61.2	61.2	61.5	61.6	61.5	61.7	60.6	60.3	60.9	60.8	59.9	60.4	59.7	60.2
Andradite	0.2	1.1	1.3	1.2	1.0	1.2	1.7	3.0	0.6	2.0	2.0	0.7	1.1	1.4	1.5	0.0	1.7	0.4	0.6	1.4	0.0
Grossulaire	23.1	22.2	21.5	22.7	23.5	23.2	23.7	22.5	24.8	23.1	22.6	24.7	24.2	23.7	23.5	24.1	22.5	23.7	22.9	22.4	23.3
Pyrope	8.8	9.5	9.6	8.4	8.2	7.7	7.8	7.6	7.2	6.8	6.9	6.0	6.3	6.4	6.4	6.7	6.3	6.5	6.2	6.3	5.9
Spessartine	3.3	2.5	3.3	3.0	4.1	5.0	5.2	5.7	6.2	6.5	6.8	7.0	6.7	7.9	8.4	8.3	8.7	9.6	9.9	10.1	10.6

échantillon	Micaschiste à grenat - PK12																					
minéral	Grt (coupe transversale)																					
N° sonde	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
																						bord
SiO2	37.34	37.33	37.62	37.48	37.60	37.86	37.77	38.02	37.69	37.66	37.34	37.62	37.77	37.59	37.66	37.72	37.76	37.82	37.81	38.47	38.38	37.77
TiO2	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.09	0.16	0.12	0.08	0.18	0.09	0.13	0.13	0.08	0.09	0.10	0.09	0.05	0.02	0.07	0.04	0.03
Al2O3	20.58	20.75	20.85	20.69	21.04	20.81	21.04	20.71	20.59	20.84	21.02	20.75	21.07	21.03	21.06	21.21	20.76	21.21	21.12	20.71	21.22	21.20
FeO	26.99	27.11	27.44	27.59	27.94	28.34	27.67	28.87	28.28	28.09	27.97	27.87	28.24	27.55	28.53	29.22	29.11	29.72	29.62	29.17	29.73	29.20
MnO	4.73	4.56	4.23	4.23	4.09	3.44	3.77	3.78	3.31	3.52	3.66	3.17	2.97	2.94	2.39	2.21	2.20	2.08	1.81	1.69	1.39	1.12
MgO	1.61	1.56	1.68	1.63	1.59	1.86	1.70	1.76	1.61	1.65	1.61	1.76	1.75	1.73	1.76	1.90	1.96	1.94	2.14	2.38	2.25	2.26
CaO	7.97	8.15	8.36	8.20	8.34	7.94	8.08	7.76	7.91	8.82	8.50	8.85	8.97	8.94	8.52	8.14	8.67	8.52	8.55	8.46	8.60	8.33
Na2O	0.03	0.03	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.07	0.00	0.03	0.04	0.06	0.00	0.03	0.03	0.04	0.00	0.00	0.04	0.08
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Total	99.33	99.59	100.35	99.98	100.80	100.42	100.24	100.06	99.59	100.82	100.19	100.18	100.94	99.92	99.99	100.56	100.59	101.37	101.07	100.96	101.65	99.98
FORMULE STRUCTURALE																						
Si	3.01	3.00	3.00	3.00	2.99	3.01	3.01	3.01	3.03	2.99	2.98	3.00	2.99	3.00	3.01	3.00	3.00	2.98	2.99	3.03	3.01	3.01
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
Al vi	1.96	1.97	1.96	1.96	1.96	1.95	1.98	1.94	1.95	1.95	1.97	1.95	1.96	1.98	1.98	1.98	1.95	1.96	1.96	1.93	1.96	1.99
Al total	1.96	1.97	1.96	1.96	1.97	1.95	1.98	1.94	1.95	1.95	1.98	1.95	1.97	1.98	1.98	1.99	1.95	1.98	1.97	1.93	1.96	1.99
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	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.04	0.01	0.04	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.00
Fe2+	1.80	1.80	1.80	1.82	1.83	1.87	1.84	1.88	1.89	1.83	1.84	1.83	1.84	1.83	1.90	1.93	1.89	1.93	1.92	1.89	1.93	1.94
Mn	0.32	0.31	0.29	0.29	0.28	0.23	0.25	0.25	0.23	0.24	0.25	0.21	0.20	0.20	0.16	0.15	0.15	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
Mg	0.19	0.19	0.20	0.19	0.19	0.22	0.20	0.21	0.19	0.19	0.19	0.21	0.21	0.21	0.21	0.23	0.23	0.23	0.25	0.28	0.26	0.27
Ca	0.69	0.70	0.71	0.70	0.71	0.68	0.69	0.66	0.68	0.75	0.73	0.76	0.76	0.76	0.73	0.69	0.74	0.72	0.72	0.71	0.72	0.71
Total	8.00	8.00	8.00	8.00	8.01	7.99	7.99	8.00	7.98	8.01	8.01	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.01	8.01	8.01	7.99	8.00	8.00
(O,F) ou Si	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.10	0.09	0.10	0.10	0.09	0.11	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.12	0.12
Almandin	59.4	59.7	59.8	60.2	60.7	61.8	61.4	62.1	62.7	60.4	60.9	60.4	61.0	60.8	63.2	64.3	62.4	63.6	63.3	62.4	63.8	64.7
Andradite	1.2	1.1	1.3	1.5	1.2	1.1	0.1	1.8	0.6	1.9	1.2	1.7	1.4	0.5	0.3	0.4	2.1	1.6	1.9	1.7	1.2	0.1
Grossulaire	22.0	22.5	22.7	22.1	22.5	21.8	23.2	20.5	22.4	23.2	23.2	23.7	24.0	25.1	24.1	22.7	22.7	22.5	22.4	22.4	23.0	23.7
Pyrope	6.5	6.3	6.7	6.5	6.3	7.5	6.8	7.0	6.6	6.5	6.4	7.0	6.9	6.9	7.0	7.5	7.8	7.6	8.4	9.5	8.8	9.0
Spessartine	10.9	10.4	9.6	9.6	9.2	7.8	8.6	8.6	7.7	7.9	8.3	7.2	6.7	6.7	5.4	5.0	5.0	4.6	4.1	3.8	3.1	2.5

échantillon	Micaschiste à grenat - PK12																				
minéral	Grt (coupe longitudinale)																				
N° sonde	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	64	65	66	67
	bord												1a-cœur								1b
SiO2	37.68	37.66	38.17	37.57	38.41	37.80	37.90	37.95	38.16	37.75	38.09	37.69	37.93	37.69	39.04	37.60	37.58	37.89	37.82	37.73	37.46
TiO2	0.09	0.04	0.02	0.13	0.04	0.04	0.10	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.07	0.12	0.08	0.17	0.08	0.09	0.11	0.09	0.11
Al2O3	21.23	20.99	20.87	20.72	21.00	20.99	21.06	21.00	20.83	21.10	20.88	21.04	21.09	20.77	21.47	20.90	21.08	20.83	20.85	20.73	20.92
FeO	28.91	29.27	30.03	29.22	28.61	29.12	28.85	28.49	28.63	29.86	28.40	28.61	28.62	28.05	27.66	27.80	27.88	28.22	27.85	27.51	27.14
MnO	1.22	1.16	1.25	1.19	1.55	1.48	1.99	2.06	1.95	2.33	2.39	2.34	2.79	2.91	2.81	2.92	3.24	3.25	3.64	3.68	3.52
MgO	2.38	2.23	2.29	2.49	2.33	2.06	2.15	2.00	2.00	1.90	1.78	1.77	1.77	1.64	1.65	1.70	1.75	1.67	1.58	1.60	1.69
CaO	8.70	8.60	8.27	7.88	8.53	8.62	8.56	8.53	8.46	8.74	8.68	8.12	8.64	8.46	8.49	8.59	8.35	8.46	8.63	8.25	8.55
Na2O	0.04	0.02	0.02	0.00	0.02	0.05	0.08	0.00	0.01	0.01	0.06	0.06	0.06	0.00	0.06	0.04	0.04	0.07	0.04	0.04	0.06
K2O	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.25	99.97	100.91	99.22	100.49	100.16	100.72	100.11	100.11	100.80	100.38	99.73	100.97	99.63	100.29	99.72	99.99	100.48	100.52	99.63	99.45
FORMULE STRUCTURALE																					
Si	3.01	3.00	3.03	2.98	3.06	3.02	3.01	3.00	3.03	2.99	3.02	3.01	3.00	2.99	3.08	3.00	2.97	3.02	3.00	3.00	3.01
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Al vi	2.00	1.98	1.95	1.92	1.97	1.98	1.97	1.96	1.95	1.95	1.95	1.98	1.96	1.94	2.00	1.97	1.94	1.96	1.95	1.95	1.98
Al total	2.00	1.98	1.95	1.94	1.97	1.98	1.97	1.96	1.95	1.97	1.95	1.98	1.97	1.95	2.00	1.97	1.97	1.96	1.95	1.95	1.98
Ti	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Fe3+	0.00	0.01	0.02	0.06	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.04	0.02	0.00	0.03	0.05	0.00	0.01	0.05	0.02	0.04	0.04	0.00
Fe2+	1.94	1.94	1.97	1.88	1.95	1.95	1.91	1.86	1.90	1.94	1.86	1.92	1.86	1.82	1.92	1.84	1.79	1.86	1.81	1.79	1.82
Mn	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.13	0.14	0.13	0.16	0.16	0.16	0.19	0.20	0.19	0.20	0.22	0.22	0.24	0.25	0.24
Mg	0.28	0.26	0.27	0.29	0.28	0.25	0.25	0.24	0.24	0.22	0.21	0.21	0.21	0.19	0.19	0.20	0.21	0.20	0.19	0.19	0.20
Ca	0.74	0.74	0.70	0.67	0.73	0.74	0.73	0.72	0.72	0.74	0.74	0.70	0.73	0.72	0.72	0.74	0.71	0.72	0.73	0.70	0.74
Total	8.07	8.01	8.03	7.92	8.09	8.03	8.02	7.95	7.98	8.05	7.96	7.99	7.99	7.92	8.11	7.97	7.92	8.00	7.97	7.93	8.00
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.13	0.12	0.12	0.14	0.12	0.11	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10
Almandin	63.0	63.8	64.2	64.3	62.6	63.5	62.4	62.9	63.0	62.5	62.5	64.2	62.3	62.1	63.3	61.9	61.3	61.5	60.8	61.1	60.4
Andradite	0.0	0.7	0.9	3.1	0.0	0.0	0.4	1.2	0.4	1.8	1.0	0.0	1.5	2.4	0.0	0.7	2.6	1.0	2.0	2.1	0.0
Grossulaire	24.8	23.9	22.9	19.5	24.5	24.8	24.1	23.2	24.1	23.0	23.9	23.4	23.0	22.2	24.0	23.8	21.6	23.4	22.7	21.8	24.7
Pyrope	9.4	8.9	9.2	10.1	9.3	8.3	8.6	8.0	8.0	7.5	7.1	7.1	7.0	6.6	6.5	6.8	7.0	6.7	6.3	6.5	6.8
Spessartine	2.8	2.6	2.8	2.7	3.5	3.4	4.5	4.7	4.5	5.2	5.4	5.3	6.3	6.7	6.3	6.6	7.4	7.4	8.2	8.5	8.0

	Micaschiste à grenat - PK12																				
	Grt (coupe longitudinale)																				
N° sonde	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92
	1b																	1c	1c		
SiO2	37.75	37.73	37.62	37.49	37.65	37.31	37.94	37.93	37.85	37.81	37.48	37.67	37.59	37.47	37.46	38.01	37.97	37.61	37.57	37.94	38.66
TiO2	0.16	0.12	0.07	0.17	0.15	0.08	0.12	0.14	0.15	0.17	0.09	0.09	0.09	0.09	0.13	0.09	0.10	0.09	0.14	0.12	0.02
Al2O3	20.63	20.98	21.23	21.02	20.88	21.01	21.01	21.00	20.98	21.12	21.10	20.87	20.86	21.20	20.76	20.79	20.83	20.83	20.64	21.01	20.63
FeO	27.31	27.76	27.80	27.00	26.73	27.63	27.32	27.68	27.22	27.15	27.93	27.24	28.09	27.99	27.07	27.76	28.12	28.09	28.24	28.60	28.26
MnO	3.71	4.38	4.44	4.44	4.41	4.65	4.37	4.11	3.93	4.02	3.92	3.60	3.68	3.98	3.68	3.46	3.41	3.23	2.66	3.07	2.51
MgO	1.64	1.43	1.60	1.56	1.52	1.64	1.63	1.57	1.61	1.56	1.56	1.62	1.63	1.73	1.63	1.76	1.67	1.63	1.60	1.74	1.75
CaO	8.62	8.31	8.02	8.00	8.24	7.79	8.02	8.02	8.33	9.05	8.30	8.74	8.50	8.60	8.86	8.49	8.75	8.65	9.09	8.96	8.22
Na2O	0.08	0.11	0.07	0.01	0.05	0.05	0.06	0.06	0.08	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07	0.02	0.00	0.00	0.06	0.00
K2O	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
Total	99.91	100.82	100.85	99.67	99.63	100.14	100.46	100.53	100.18	100.94	100.39	99.82	100.44	100.06	99.64	100.43	100.88	100.13	99.96	101.51	100.06
FORMULE STRUCTURALE																					
Si	3.02	3.00	3.00	2.99	2.99	3.00	3.01	3.03	3.02	2.99	2.99	3.01	2.99	2.98	2.96	3.00	2.99	2.95	2.87	2.99	3.07
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.01	0.05	0.13	0.01	0.00
Al vi	1.95	1.97	1.99	1.96	1.94	1.99	1.97	1.98	1.98	1.97	1.98	1.96	1.94	1.97	1.89	1.94	1.93	1.87	1.75	1.95	1.93
Al total	1.95	1.97	1.99	1.98	1.95	1.99	1.97	1.98	1.98	1.97	1.99	1.96	1.95	1.99	1.93	1.94	1.94	1.93	1.87	1.96	1.93
Ti	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	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	0.00
Fe3+	0.01	0.02	0.00	0.02	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.05	0.02	0.10	0.05	0.06	0.12	0.22	0.04	0.00
Fe2+	1.82	1.83	1.85	1.78	1.73	1.85	1.81	1.87	1.83	1.78	1.85	1.80	1.82	1.84	1.69	1.79	1.79	1.73	1.59	1.85	1.88
Mn	0.25	0.29	0.30	0.30	0.30	0.32	0.29	0.28	0.27	0.27	0.27	0.24	0.25	0.27	0.25	0.23	0.23	0.21	0.17	0.21	0.17
Mg	0.20	0.17	0.19	0.19	0.18	0.20	0.19	0.19	0.19	0.18	0.19	0.19	0.19	0.20	0.19	0.21	0.20	0.19	0.18	0.20	0.21
Ca	0.74	0.71	0.68	0.68	0.70	0.67	0.68	0.69	0.71	0.77	0.71	0.75	0.72	0.73	0.75	0.72	0.74	0.73	0.74	0.76	0.70
Total	8.00	8.00	8.02	7.94	7.90	8.03	7.98	8.05	8.00	8.00	8.01	7.98	7.98	8.03	7.87	7.94	7.95	7.85	7.66	8.01	7.96
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Almandin	59.6	60.6	60.8	60.3	59.5	60.5	60.5	61.2	60.5	59.1	61.2	60.3	60.9	59.5	58.8	60.7	60.6	60.4	59.1	61.0	62.9
Andradite	0.5	1.0	0.1	1.3	2.4	0.3	0.2	0.0	0.0	1.0	0.7	1.2	2.5	1.2	5.0	2.4	3.2	6.1	12.2	2.0	0.0
Grossulaire	24.6	22.7	22.8	21.9	21.7	22.1	22.8	23.2	24.0	24.7	23.1	23.9	21.7	23.4	21.0	22.0	21.8	19.3	15.4	23.3	24.2
Pyrope	6.7	5.7	6.4	6.3	6.2	6.6	6.5	6.3	6.5	6.2	6.2	6.5	6.5	6.9	6.7	7.0	6.7	6.7	6.8	6.8	7.1
Spessartine	8.6	9.9	10.0	10.2	10.2	10.6	10.0	9.4	9.0	9.0	8.9	8.2	8.3	9.0	8.5	7.9	7.7	7.5	6.4	6.9	5.8

	Micaschiste à grenat - PK12														
	Grt (coupe longitudinale)														
N° sonde	93	94	95	96	97	98	99	100	102	103	104	105	112	113	118
												1a-bord	2a-brd	2a-cœur	2b-cœur
SiO2	37.84	37.89	38.27	37.27	37.95	37.82	37.72	37.72	38.04	37.75	38.10	38.20	37.75	37.68	38.01
TiO2	0.10	0.12	0.14	0.07	0.07	0.04	0.02	0.04	0.06	0.05	0.07	0.02	0.05	0.07	0.10
Al2O3	21.21	21.18	21.14	20.70	21.04	21.01	21.34	21.52	21.42	21.05	21.14	21.49	21.21	21.29	21.30
FeO	28.47	28.60	27.97	28.63	29.57	28.88	29.48	29.23	29.47	28.54	29.68	28.81	29.00	29.29	27.98
MnO	2.64	2.20	2.31	2.22	2.06	1.71	1.69	1.64	1.31	1.32	1.04	1.07	1.25	2.55	2.41
MgO	1.74	1.74	1.97	2.04	2.01	1.95	2.12	2.13	2.27	2.38	2.40	2.45	2.51	2.31	2.43
CaO	8.91	8.71	8.65	8.26	8.68	8.62	8.18	8.36	8.33	8.46	8.48	8.07	8.32	7.90	8.41
Na2O	0.05	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.10	0.00	0.03	0.00	0.04	0.02	0.00	0.01
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Total	100.95	100.48	100.46	99.19	100.40	100.03	100.58	100.73	100.91	99.60	100.91	100.16	100.12	101.08	100.64
FORMULE STRUCTURALE															
Si	2.99	3.01	3.03	3.00	2.99	3.01	2.99	2.99	3.00	3.01	3.00	3.01	3.00	2.98	3.00
Al iv	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Al vi	1.97	1.98	1.97	1.96	1.95	1.97	1.99	2.00	1.99	1.98	1.97	2.00	1.98	1.96	1.98
Al total	1.98	1.98	1.97	1.97	1.96	1.97	2.00	2.01	1.99	1.98	1.97	2.00	1.99	1.99	1.98
Ti	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe3+	0.02	0.00	0.00	0.03	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03	0.01
Fe2+	1.87	1.90	1.86	1.90	1.91	1.91	1.95	1.93	1.94	1.90	1.94	1.93	1.91	1.91	1.84
Mn	0.18	0.15	0.15	0.15	0.14	0.12	0.11	0.11	0.09	0.09	0.07	0.07	0.08	0.17	0.16
Mg	0.21	0.21	0.23	0.24	0.24	0.23	0.25	0.25	0.27	0.28	0.28	0.29	0.30	0.27	0.29
Ca	0.76	0.74	0.73	0.71	0.73	0.74	0.70	0.71	0.70	0.72	0.72	0.68	0.71	0.67	0.71
Total	8.00	7.99	7.98	8.00	8.01	7.99	8.00	8.01	8.00	7.99	8.00	7.99	8.00	8.01	8.00
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13
Almandin	62.0	63.2	62.1	62.9	63.0	63.6	64.6	64.2	64.6	63.2	64.2	64.9	63.6	62.7	61.2
Andradite	0.9	0.1	0.0	1.4	2.1	0.5	0.5	0.1	0.2	0.3	1.1	0.0	0.6	1.5	0.4
Grossulaire	24.4	24.8	24.8	22.4	22.5	24.2	22.8	23.7	23.4	24.0	22.9	23.0	23.0	21.0	23.4
Pyrope	6.9	6.9	7.9	8.2	7.9	7.8	8.4	8.4	8.9	9.5	9.4	9.7	9.9	9.1	9.6
Spessartine	5.9	5.0	5.2	5.1	4.6	3.9	3.8	3.7	2.9	3.0	2.3	2.4	2.8	5.7	5.4

échantillon	Micaschiste à grenat - PK12																	
minéral	Bt					Mu			Pl			Cal				Ep	Trm	
N° sonde	107	111	117	119	122	109	110	121	106	114	120	108	68	69	70	89	115	116
	1a	2a	2b	2b	2d	1a	2a	2c	1a	2b	2c	1a	1b-brd	1b-cœur	1b-brd	1c	2b	2b
SiO2	36.97	37.00	37.23	36.75	36.76	48.05	48.51	46.78	61.99	61.40	62.38	0.00	0.00	0.02	1.47	37.83	36.72	36.68
TiO2	2.27	2.07	1.71	1.38	1.71	0.62	0.54	0.53	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.37	0.86
Al2O3	18.45	17.94	18.08	17.72	17.66	33.00	31.92	32.78	24.18	24.18	23.91	0.01	0.00	0.03	0.84	27.13	31.41	30.55
FeOtot.	16.66	15.96	16.75	17.93	17.38	1.57	1.65	1.57	0.10	0.09	0.03	2.48	0.32	0.29	1.15	6.41	7.55	6.42
MnO	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00	0.00	0.07	0.01	0.16	0.02	0.00	0.43	0.04	0.04	0.09	0.24	0.00	0.03
MgO	11.10	11.64	12.35	11.58	11.53	1.35	1.72	1.28	0.00	0.00	0.01	0.75	0.04	0.00	0.07	0.08	7.19	7.92
CaO	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.14	6.09	5.34	55.31	54.08	54.64	53.42	22.56	0.24	0.94
Na2O	0.15	0.23	0.20	0.17	0.24	0.70	0.62	0.57	8.08	8.00	8.53	0.00	0.04	0.03	0.00	0.01	2.48	2.22
K2O	9.29	9.11	8.94	9.07	8.90	9.74	9.65	9.63	0.05	0.04	0.05	0.00	0.01	0.02	0.01	0.06	0.03	0.03
H2O*	4.05	4.03	4.08	4.01	4.01	4.51	4.50	4.42										
Total	98.97	98.11	99.37	98.71	98.18	99.54	99.19	97.57	100.69	99.81	100.25	58.97	54.53	55.07	57.05	94.43	85.97	85.65
FORMULE STRUCTURALE																		
Si	5.47	5.51	5.47	5.49	5.50	6.38	6.47	6.34	2.73	2.73	2.76	0.00	0.00	0.00	0.14	3.08	1.22	1.22
Al iv	2.53	2.49	2.53	2.51	2.50	1.62	1.53	1.66										
Al vi	0.69	0.65	0.61	0.61	0.62	3.55	3.48	3.58										
Al total	3.22	3.15	3.13	3.12	3.12	5.17	5.01	5.24	1.26	1.27	1.24	0.00	0.00	0.00	0.09	2.60	0.92	0.90
Ti	0.25	0.23	0.19	0.15	0.19	0.06	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
Fe	2.06	1.99	2.06	2.24	2.18	0.17	0.18	0.18				0.20	0.03	0.03	0.09	0.44		
Fe3+									0.00	0.00	0.00						0.00	0.00
Fe2+																	0.11	0.09
Mn	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00
Mg	2.45	2.58	2.71	2.58	2.57	0.27	0.34	0.26	0.00	0.00	0.00	0.11	0.01	0.00	0.01	0.01	0.18	0.20
Ca	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00				0.29	0.29	0.25	5.66	5.96	5.96	5.47	1.97	0.00	0.02
Na	0.04	0.07	0.06	0.05	0.07	0.18	0.16	0.15	0.69	0.69	0.73	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
K	1.75	1.73	1.68	1.73	1.70	1.65	1.64	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00										
Total	19.25	19.26	19.30	19.38	19.32	17.89	17.87	17.89	4.98	4.98	4.99	6.00	6.00	6.00	5.81	8.11	2.48	2.48
(O,F) ou Si	22	22	22	22	22	22	22	22	8	8	8	6	6	6	6	12.5	31	31
Mg/(Mg+Fe2+)	0.54	0.57	0.57	0.54	0.54	0.60	0.65	0.59									0.63	0.69
Ab									70.3	70.3	74.1							
An									29.5	29.5	25.6							
Or									0.3	0.2	0.3							

échantillon	Grenatite à anthophyllite - PN1											
minéral	Grt		Anthophyllite								Mgn	
N° sonde	140	141	134	135	143	102	104	106	109	111	136	138
	1a-bord	1a-cœur	1a	1a	1a	1c	1d	2a	2b	2c	1a	1a
SiO2	37.04	36.96	52.33	53.28	53.02	52.73	53.59	54.34	53.01	53.48		
TiO2	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00
Al2O3	20.54	20.07	0.49	0.46	0.35	0.59	0.42	0.49	0.43	0.33	0.00	0.01
FeOtot.	35.27	35.51	30.46	29.44	29.58	28.91	26.49	26.11	26.90	27.99	21.23	21.28
Fe2O3recalc.	1.06	1.80	0.00	0.00	0.00						47.33	47.40
MnO	1.13	1.17	0.06	0.27	0.21	0.13	0.09	0.13	0.26	0.21	0.01	0.03
MgO	1.58	1.18	12.11	13.90	13.62	12.89	14.47	14.68	14.07	14.07	0.03	0.01
CaO	4.59	5.16	0.38	0.30	0.41	0.51	0.45	0.36	0.56	0.35		
Na2O			0.04	0.07	0.02	0.00	0.07	0.01	0.07	0.01		
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00		
Cr2O3			0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01		
H2O			1.95	2.00	1.99	1.96	1.99	2.00	1.97	1.99		
Total	101.22	101.87	97.84	99.73	99.21	97.74	97.68	98.13	97.26	98.47	68.60	68.73
FORMULE STRUCTURALE												
Si	2.98	2.97	8.05	7.99	8.00	8.05	8.09	8.13	8.07	8.06		
Al iv	0.02	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al vi	1.93	1.88	0.09	0.07	0.06	0.11	0.07	0.09	0.08	0.06		
Al total	1.95	1.91	0.09	0.08	0.06							
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	2.43	2.49	3.92	3.69	3.73						3.00	3.00
Fe3+	0.06	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00
Fe2+	2.37	2.38	3.92	3.69	3.73	3.69	3.34	3.27	3.42	3.53	1.00	1.00
Mn	0.08	0.08	0.01	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.00	0.00
Mg	0.19	0.14	2.78	3.11	3.06	2.94	3.25	3.27	3.19	3.16	0.00	0.00
Ca	0.39	0.44	0.06	0.05	0.07	0.08	0.07	0.06	0.09	0.06		
Na			0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00		
K			0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00		
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
OH*			2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
Total	8.02	8.04	16.91	16.98	16.97	16.89	16.89	16.83	16.90	16.90	6.00	6.00
Nbre d'Ox (Si)	12	12	23	23	23	23	23	23	23	23	6	6
Mg/(Mg+Fe2+)	0.07	0.06	0.41	0.46	0.45	0.44	0.49	0.50	0.48	0.47		
Almandin	77.78	77.59										
Andradite	3.24	5.49										
Grossulaire	10.03	9.47										
Pyrope	6.37	4.77										
Spessartine	2.57	2.68										

Echantillon	Micaschiste à grenat-disthène - PN2						
minéraux	Grt		Bt		Mu		Kfs
N° sonde	78	79	86	88	82	85	80
	1a-cœur	1a-bord	1b	1b	1a	1b	1a
SiO2	38.74	37.81	37.48	37.19	47.89	47.21	64.70
TiO2	0.00	0.00	2.29	2.17	1.49	1.29	0.00
Al2O3	22.11	21.74	18.00	18.24	33.82	33.96	18.25
FeO	30.55	30.74	14.23	14.50	1.26	1.47	
Fe2O3	0.00	0.00					0.13
MnO	0.58	0.78	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00
MgO	5.85	5.05	13.04	12.82	1.41	1.31	0.00
CaO	3.67	3.81	0.00	0.00	0.05	0.02	0.00
Na2O			0.28	0.25	0.87	0.90	0.16
K2O			9.04	8.41	9.56	9.39	15.85
Cr2O3	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	
H2O*			4.09	4.06	4.58	4.54	
Total	101.51	99.93	99.65	98.78	100.94	100.19	99.08
FORMULE STRUCTURALE							
Si	2.99	2.98	5.50	5.49	6.27	6.24	3.01
Al iv	0.01	0.02	2.50	2.51	1.73	1.76	
Al vi	2.01	2.01	0.61	0.66	3.49	3.52	
Al total	2.01	2.02	3.11	3.17	5.22	5.29	1.00
Ti	0.00	0.00	0.25	0.24	0.15	0.13	0.00
Fe			1.74	1.79	0.14	0.16	
Fe3+	0.00	0.00					0.00
Fe2+	1.98	2.03					
Mn	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Mg	0.67	0.59	2.85	2.82	0.27	0.26	0.00
Ca	0.30	0.32	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Na			0.08	0.07	0.22	0.23	0.01
K			1.69	1.58	1.60	1.58	0.94
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
OH*			4.00	4.00	4.00	4.00	
Total	8.00	8.01	19.94	19.84	17.88	17.90	4.97
Nbre d'Ox (Si)	12	12	22	22	22	22	8
Mg/(Mg+Fe2+)			0.62	0.61	0.66	0.61	
Ab							1.5
An							0.0
Or							98.5
Almandine	66.1	67.5					
Andradite	0.0	0.0					
Grossular	10.1	10.8					
Pyrope	22.5	19.9					
Spessartine	1.3	1.7					

échantillon	Amphibolite à grenat - PN3																	
minéral	Grt	Hbl					Bt					Pl		Ep				
N° sonde	100	101	104	112	115	117	95	99	110	113	114	109	116	96	98	107*	108*	111*
	1c	1c	2a	2d	2e	2f	1a	1b	2d	2e	2e	2c	2f	1a	1b	2b-All	2c-All	2d
SiO2	39.30	42.25	43.53	42.42	43.57	43.04	36.95	36.51	38.42	38.04	38.34	58.90	57.86	38.98	39.97	*27.24*	*19.76*	39.03
TiO2	0.04	0.27	0.47	0.49	0.92	0.86	1.61	1.40	1.82	1.72	1.63	0.02	0.01	0.07	0.02	*1.14*	*0.00*	0.12
Al2O3	21.86	19.26	16.91	16.91	16.62	17.15	18.49	18.41	18.19	17.63	18.39	26.95	27.82	32.55	33.02	*16.93*	*13.37*	32.09
FeOtot.	24.77	11.71	10.92	9.96	9.94	9.07	13.48	14.78	14.36	12.68	13.28			1.12	1.07	*0.80*	*18.99*	1.15
Fe2O3recalc.	0.17	2.39	2.86	3.63	2.15	3.46						0.08	0.00					
MnO	0.19	0.22	0.10	0.08	0.00	0.08	0.13	0.05	0.07	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.05	*0.02*	*0.06*	0.00
MgO	4.76	8.70	10.14	10.05	11.05	10.96	13.89	13.96	14.14	14.99	15.42	0.00	0.01	0.03	0.02	*0.31*	*2.93*	0.04
CaO	10.39	11.84	11.98	11.65	11.77	11.80	0.01	0.09	0.16	0.07	0.00	8.63	9.45	24.75	24.83	*21.72*	*7.64*	24.33
Na2O		1.51	1.35	1.34	1.46	1.38	0.26	0.17	0.12	0.14	0.15	7.01	6.71	0.00	0.01	*0.01*	*0.03*	0.00
K2O		0.49	0.57	0.67	0.86	0.86	8.30	8.33	8.45	8.40	8.74	0.07	0.06	0.00	0.00	*0.03*	*0.00*	0.02
Cl		0.08	0.05	0.01	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05	0.07	0.03			0.00	0.00	*0.00*	*0.01*	0.00
H2O*		2.05	2.07	2.05	2.08	2.08	4.05	4.03	4.18	4.10	4.20							
Total	101.48	100.77	100.95	99.28	100.44	100.76	97.19	97.77	99.95	97.83	100.26	101.66	101.92	97.51	98.97	*68.20*	*62.80*	96.79
FORMULE STRUCTURALE																		
Si	3.01	6.11	6.27	6.20	6.27	6.18	5.46	5.41	5.50	5.53	5.46	2.59	2.55	2.99	3.01			3.01
Al iv	0.00	1.89	1.73	1.80	1.73	1.82	2.54	2.59	2.50	2.47	2.54			0.01	0.00			0.00
Al vi	1.97	1.39	1.13	1.12	1.09	1.08	0.67	0.63	0.57	0.56	0.55			2.93	2.93			2.91
Al total	1.97	3.28	2.87	2.92	2.82	2.90	3.22	3.22	3.07	3.02	3.09	1.40	1.44	2.94	2.93			2.91
Ti	0.00	0.03	0.05	0.05	0.10	0.09	0.18	0.16	0.20	0.19	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00			0.01
Fe							1.66	1.83	1.72	1.54	1.58							
Fe3+	0.01	0.26	0.31	0.40	0.23	0.37						0.00	0.00	0.06	0.07			0.07
Fe2+	1.59	1.42	1.31	1.22	1.20	1.09								0.01	0.00			0.00
Mn	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00
Mg	0.54	1.87	2.17	2.19	2.37	2.35	3.06	3.08	3.02	3.25	3.27	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00
Ca	0.85	1.83	1.85	1.83	1.82	1.82	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.41	0.45	2.03	2.01			2.01
Na		0.42	0.38	0.38	0.41	0.38	0.07	0.05	0.03	0.04	0.04	0.60	0.57	0.00	0.00			0.00
K		0.09	0.11	0.13	0.16	0.16	1.56	1.57	1.54	1.56	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00
Cl		0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01							
OH*		1.98	1.99	2.00	1.99	1.99	3.99	3.99	3.99	3.98	3.99							
Total	7.99	17.34	17.32	17.32	17.37	17.35	19.23	19.34	19.11	19.15	19.22	5.01	5.02	8.04	8.02			8.03
Nbre d'Ox (Si)	22	23	23	23	23	23	22	22	22	22	22	12	12	12.5	12.5			12.5
Mg/(Mg+Fe2+)	0.26	0.57	0.62	0.64	0.66	0.68	0.65	0.63	0.64	0.68	0.67			1.00	1.00			1.00

Ab												59.3	56.0					
An												40.3	43.6					
Or												0.4	0.3					
Almandin	52.7																	
Andradite	0.5																	
Grossulaire	28.1																	
Pyrope	18.3																	
Spessartine	0.4																	
* Allanite métamicte																		

échantillon	Amphibolite à grenat - PN4							
minéral	Grt			Hbl				Cal
N° sonde	114	119	121	117	118	120	122	115
	1a	2a	2b	2a	2a	2b	2c	1b
SiO2	38.86	39.04	39.19	43.32	42.83	42.96	43.56	0.98
TiO2	0.00	0.04	0.10	0.73	0.75	0.78	0.28	0.00
Al2O3	21.67	21.92	22.08	16.76	17.10	16.75	16.59	0.33
FeOtot.	22.79	20.98	21.91	10.80	11.29	11.62	12.82	0.89
Fe2O3recalc.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	
MnO	0.60	0.33	0.26	0.03	0.12	0.04	0.07	0.20
MgO	4.96	6.05	5.67	11.11	10.45	10.44	8.90	1.33
CaO	10.63	10.55	10.98	12.21	12.30	11.89	11.61	58.60
Na2O				1.54	1.39	1.52	1.37	0.00
K2O				0.82	0.87	0.93	0.27	0.00
Cl				0.03	0.06	0.05	0.04	0.00
H2O*				2.06	2.04	2.03	2.03	
Total	99.52	98.92	100.19	99.38	99.19	99.01	98.70	62.33
FORMULE STRUCTURALE								
Si	3.02	3.01	3.00	6.30	6.26	6.30	6.41	0.03
Al iv	0.00	0.00	0.00	1.70	1.74	1.70	1.59	
Al vi	1.99	2.00	2.00	1.17	1.21	1.19	1.29	
Al total	1.99	2.00	2.00	2.87	2.95	2.89	2.88	0.01
Ti	0.00	0.00	0.01	0.08	0.08	0.09	0.03	0.00
Fe								0.07
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	
Fe2+	1.49	1.38	1.42	1.31	1.38	1.42	1.58	
Mn	0.04	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Mg	0.57	0.70	0.65	2.41	2.28	2.28	1.95	0.06
Ca	0.88	0.87	0.90	1.90	1.93	1.87	1.83	1.89
Na				0.43	0.39	0.43	0.39	0.00
K				0.15	0.16	0.17	0.05	0.00
Cl				0.01	0.02	0.01	0.01	0.00
OH*				1.99	1.98	1.99	1.99	
Total	7.99	7.98	7.99	17.46	17.44	17.46	17.26	2.02
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	23	23	23	23	6
Mg/(Mg+Fe2+)	0.28	0.34	0.31	0.65	0.62	0.62	0.55	
Almandin	49.67	46.48	47.49					
Andradite	0.00	0.00	0.00					
Grossulaire	29.71	29.00	30.07					
Pyrope	19.29	23.45	21.72					
Spessartine	1.34	0.72	0.57					

échantillon	Micaschiste à grenat - SH1												
minéral	Grt			Bt						Mu		Pl	
N° sonde	210	214	215	208	212	213	219	220	221	211	217	216	218
	1a-cœur	1b-bord	1b-cœur	1a-inclus.	1b-inclus.	1b-inclus.	1b-second	1c-second	1d-second	1b-inclus.	1b	1b	1b
SiO2	37.91	38.23	38.79	37.00	37.60	36.37	37.42	37.73	36.84	46.42	45.28	61.37	61.66
TiO2	0.00	0.02	0.02	1.97	1.36	1.79	1.57	1.64	1.65	0.96	1.01	0.00	0.03
Al2O3	21.56	21.46	21.19	17.51	17.41	18.58	18.00	18.06	18.15	32.70	31.53	24.26	24.29
FeOtot.	30.68	30.92	29.67	15.99	13.50	16.55	15.62	16.03	15.90	1.54	1.51	0.00	0.00
MnO	1.05	0.92	1.18	0.00	0.04	0.05	0.04	0.00	0.00	0.05	0.02	0.12	0.11
MgO	4.77	4.73	4.89	11.25	15.23	11.94	12.18	12.05	12.28	1.64	1.55	0.02	0.00
CaO	4.08	3.95	4.23	0.01	0.02	0.00	0.00	0.06	0.07	0.02	0.02	5.63	5.23
Na2O	0.01	0.00	0.05	0.21	0.27	0.24	0.19	0.25	0.17	0.84	0.89	8.60	8.59
K2O	0.00	0.00	0.01	8.53	8.89	8.76	8.73	8.58	8.80	9.40	9.26	0.09	0.04
H2O*				3.98	4.10	4.02	4.05	4.08	4.03	4.43	4.31		
Total	100.06	100.24	100.02	96.45	98.43	98.30	97.78	98.46	97.87	97.99	95.36	100.09	99.95
FORMULE STRUCTURALE													
Si	2.99	3.01	3.04	5.58	5.49	5.42	5.55	5.55	5.49	6.28	6.29	2.72	2.74
Al iv	0.01	0.00	0.00	2.42	2.51	2.58	2.45	2.45	2.51	1.72	1.71		
Al vi	2.00	1.99	1.96	0.69	0.49	0.69	0.69	0.68	0.67	3.49	3.46		
Al total	2.01	1.99	1.96	3.11	3.00	3.26	3.14	3.13	3.18	5.21	5.17	1.27	1.27
Ti	0.00	0.00	0.00	0.22	0.15	0.20	0.17	0.18	0.19	0.10	0.11	0.00	0.00
Fe				2.02	1.65	2.06	1.94	1.97	1.98	0.17	0.18		
Fe2+	2.03	2.04	1.96										
Mn	0.07	0.06	0.08	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Mg	0.56	0.56	0.57	2.53	3.32	2.65	2.69	2.64	2.73	0.33	0.32	0.00	0.00
Ca	0.34	0.33	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.27	0.25
Na				0.06	0.08	0.07	0.05	0.07	0.05	0.22	0.24	0.74	0.74
K				1.64	1.66	1.67	1.65	1.61	1.67	1.62	1.64	0.00	0.00
OH*				4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00		
Total	8.00	7.99	7.97	19.16	19.35	19.34	19.20	19.17	19.29	17.94	17.95	5.01	5.00
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	22	22	22	22	22	22	22	22	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.22	0.21	0.23	0.56	0.67	0.56	0.58	0.57	0.58	0.65	0.65		
Ab												73.1	74.6
An												26.4	25.1
Or												0.5	0.2
Almandin	67.4	68.2	65.8										
Andradite	0.0	0.0	0.0										
Grossulaire	11.4	11.1	12.0										
Pyrope	18.8	18.6	19.5										
Spessartine	2.3	2.1	2.7										

échantillon	Micaschiste à grenat-disthène - ST2										
minéral	Grt						Bt		Mu		Pl
N° sonde	13	14	15	16	17	18	11	12	20	21	19
	1a-bord					1a-cœur	1a	1a	1a	1a	1a
SiO2	38.33	38.28	37.96	38.04	37.65	37.89	37.40	37.35	46.26	46.41	60.76
TiO2	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	1.66	1.73	0.96	1.09	0.00
Al2O3	21.71	21.81	21.46	21.57	21.52	21.32	18.51	18.36	33.37	33.49	25.41
FeOtot.	30.49	29.32	29.70	29.80	28.94	30.36	13.79	13.92	0.91	0.89	0.07
Fe2O3recalc.											0.08
MnO	0.76	1.22	1.45	1.30	1.26	1.10	0.13	0.00	0.08	0.05	0.00
MgO	5.69	5.63	5.74	5.54	5.38	5.12	13.73	13.53	1.22	1.18	0.00
CaO	4.43	4.04	4.05	4.32	4.38	4.18	0.04	0.00	0.02	0.02	6.93
Na2O	0.02	0.03	0.04	0.00	0.02	0.02	0.26	0.28	1.07	1.05	7.58
K2O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	8.81	9.35	9.58	9.78	0.02
H2O*							4.10	4.09	4.44	4.46	
Total	101.46	100.36	100.42	100.59	99.19	100.00	98.44	98.62	97.90	98.42	100.86
FORMULE STRUCTURALE											
Si	2.97	2.99	2.98	2.98	2.98	2.99	5.47	5.47	6.25	6.24	2.68
Al iv	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	2.53	2.53	1.75	1.76	
Al vi	1.96	2.00	1.96	1.97	1.99	1.98	0.66	0.64	3.56	3.55	
Al total	1.99	2.01	1.99	1.99	2.01	1.98	3.19	3.17	5.31	5.31	1.32
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.19	0.10	0.11	0.00
Fe							1.69	1.71	0.10	0.10	
Fe3+	0.03	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02					0.00
Fe2+	1.95	1.92	1.91	1.92	1.92	1.98					
Mn	0.05	0.08	0.10	0.09	0.08	0.07	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00
Mg	0.66	0.66	0.67	0.65	0.64	0.60	2.99	2.95	0.25	0.24	0.00
Ca	0.37	0.34	0.34	0.36	0.37	0.35	0.01	0.00	0.00	0.00	0.33
Na							0.07	0.08	0.28	0.27	0.65
K							1.64	1.75	1.65	1.68	0.00
OH*							4.00	4.00	4.00	4.00	
Total	8.02	8.00	8.02	8.01	8.01	8.01	19.26	19.31	17.95	17.96	4.98
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	22	22	22	22	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.25	0.25	0.26	0.25	0.25	0.23	0.64	0.63	0.71	0.70	
Ab											66.3
An											33.5
Or											0.1
Almandin	63.8	64.1	62.8	63.3	63.4	65.6					
Andradite	1.6	0.0	1.7	1.3	0.2	1.1					
Grossulaire	10.7	11.3	9.8	10.8	12.3	10.7					
Pyrope	22.1	21.9	22.5	21.7	21.3	20.1					
Spessartine	1.7	2.7	3.2	2.9	2.8	2.5					

échantillon	Micaschiste à grenat-disthène - ST1																						
minéral	Bt							Mu												Pl		Ru	
N° sonde	22	24	25	29	37	41	69	23	26	27	31	32	36	40	67	68	70	71	72	30	34	28	38
	1a	1a	1a	1b	3a	3b	5a	1a	1b	1b	2a	2a	3a	3b	5a	5a	6a	6a	6a	2a	2a	1b	3a
SiO2	37.11	36.39	37.66	37.29	37.97	37.41	37.26	46.71	46.53	46.06	46.75	46.63	44.78	46.54	47.03	46.76	47.30	46.58	46.06	61.37	61.66	0.00	0.00
TiO2	1.64	1.66	1.85	1.83	2.05	2.01	1.88	1.02	1.03	1.16	0.94	1.49	1.27	1.79	0.97	0.71	0.24	0.39	1.07	0.00	0.03	98.86	98.99
Al2O3	18.24	17.84	17.90	18.24	18.32	18.28	18.53	33.42	33.22	33.06	33.51	32.70	32.10	32.24	33.58	34.54	35.42	34.25	33.37	24.26	24.29	0.01	0.12
FeOtot.	15.63	14.56	14.76	13.90	14.83	13.61	14.67	1.05	1.09	1.12	1.32	1.12	1.27	1.37	1.22	1.02	0.91	0.90	1.01	0.00	0.00	0.25	0.22
MnO	0.02	0.00	0.00	0.10	0.03	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.07	0.02	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.12	0.11	0.08	0.00
MgO	13.06	12.81	12.98	13.42	13.10	13.11	13.09	1.19	1.38	1.29	1.36	1.42	1.36	1.51	1.31	1.05	1.14	0.95	1.17	0.02	0.00	0.03	0.00
CaO	0.10	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.03	5.63	5.23	0.02	0.00
Na2O	0.13	0.23	0.26	0.30	0.27	0.28	0.20	1.09	0.98	0.87	1.06	0.92	1.00	0.93	1.13	1.16	1.38	1.16	1.10	8.60	8.59		
K2O	8.61	8.84	8.61	8.83	8.84	8.96	8.94	9.56	9.94	9.85	9.64	9.69	9.61	9.80	9.36	9.61	9.53	8.77	9.43	0.09	0.04		
Cr2O3							0.05								0.05	0.01	0.03	0.05	0.04				
H2O*	4.07	3.97	4.08	4.08	4.14	4.08	4.02	4.47	4.46	4.42	4.48	4.46	4.32	4.45	4.50	4.50	4.57	4.45	4.43				
Total	98.61	96.31	98.10	97.99	99.58	97.86	98.65	98.52	98.63	97.82	99.08	98.51	95.87	98.65	99.18	99.37	####	97.51	97.69	#####	99.95	99.24	99.33
FORMULE STRUCTURALE																							
Si	5.46	5.49	5.53	5.48	5.49	5.50	5.46	6.27	6.26	6.24	6.25	6.27	6.21	6.27	6.26	6.21	6.21	6.27	6.23	2.72	2.74	0.00	0.00
Al iv	2.54	2.51	2.47	2.52	2.51	2.50	2.54	1.73	1.74	1.76	1.75	1.73	1.79	1.73	1.74	1.79	1.79	1.73	1.77				
Al vi	0.63	0.67	0.63	0.65	0.62	0.67	0.66	3.56	3.52	3.53	3.54	3.46	3.46	3.39	3.54	3.62	3.69	3.71	3.55				
Al total	3.16	3.17	3.10	3.16	3.12	3.17	3.20	5.29	5.27	5.28	5.28	5.19	5.25	5.12	5.27	5.41	5.48	5.44	5.32	1.27	1.27	0.00	0.00
Ti	0.18	0.19	0.20	0.20	0.22	0.22	0.21	0.10	0.10	0.12	0.09	0.15	0.13	0.18	0.10	0.07	0.02	0.04	0.11	0.00	0.00	1.00	1.00
Fe	1.92	1.84	1.81	1.71	1.79	1.67	1.80	0.12	0.12	0.13	0.15	0.13	0.15	0.15	0.14	0.11	0.10	0.10	0.11			0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.87	2.88	2.84	2.94	2.82	2.87	2.86	0.24	0.28	0.26	0.27	0.28	0.28	0.30	0.26	0.21	0.22	0.19	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.25	0.00	0.00
Na	0.04	0.07	0.07	0.09	0.08	0.08	0.06	0.28	0.25	0.23	0.28	0.24	0.27	0.24	0.29	0.30	0.35	0.30	0.29	0.74	0.74	0.00	0.00
K	1.62	1.70	1.61	1.66	1.63	1.68	1.67	1.64	1.70	1.70	1.64	1.66	1.70	1.68	1.59	1.63	1.60	1.51	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr							0.01								0.00	0.00	0.00	0.00					
OH*	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.92	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.99	4.00	4.00	4.00				
Total	19.27	19.34	19.18	19.26	19.17	19.21	19.18	17.94	17.98	17.96	17.97	17.93	18.01	17.95	17.92	17.94	17.99	17.86	17.93	5.01	5.00	1.00	1.00
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	8	8	2	2
Mg/(Mg+Fe2+)	0.60	0.61	0.61	0.63	0.61	0.63	0.61	0.67	0.69	0.67	0.65	0.69	0.66	0.66	0.66	0.65	0.69	0.65	0.67			0.35	0.00
Ab																				73.1	74.6		
An																				26.4	25.1		
Or																				0.5	0.2		

échantillon	Micaschiste à grenat-disthène - ST1																										
minéral	Grt																										
N° sonde	47	48	49	50	51	52	53	54	55	57	58	59	61	63	65	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
		cœur																									bord
SiO2	38.52	39.45	37.92	37.68	37.78	37.93	38.03	38.18	37.56	39.02	38.45	37.95	37.73	38.44	37.83	38.32	38.52	38.25	38.24	38.11	38.20	38.07	37.89	37.44	38.17	36.77	38.30
TiO2	0.03	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
Al2O3	21.30	22.30	21.72	21.63	21.60	21.76	21.68	22.02	21.75	22.13	22.01	21.62	21.45	21.85	21.88	21.64	21.78	21.80	21.47	21.53	21.82	21.90	21.67	21.08	21.47	20.84	21.59
FeOtot.	29.18	28.78	29.28	29.21	29.09	29.26	29.12	28.81	28.69	26.94	28.79	28.72	29.51	29.29	28.66	28.86	28.80	28.57	28.85	28.95	28.92	29.23	29.48	29.12	29.65	28.92	30.49
Fe2O3recalc.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.70	1.02	0.92	0.93	0.77	0.79	0.61	0.61	0.44	0.21	0.28	0.39	0.55	0.17	0.12	0.31	0.53	0.51	0.58	0.52	0.63	0.62	0.67	0.69	0.80	0.88	0.68
MgO	5.58	5.93	6.05	5.90	6.05	6.13	5.98	6.25	6.15	6.43	6.04	6.05	5.98	6.18	6.51	6.26	6.51	6.47	6.48	6.45	6.27	6.08	5.80	5.79	5.83	5.57	5.25
CaO	2.98	3.12	3.04	3.08	3.13	3.19	3.34	3.24	3.53	3.19	3.55	3.43	3.56	3.42	3.45	3.78	3.53	3.47	3.37	3.20	3.21	3.23	3.35	3.27	3.28	3.14	3.31
Na2O																											
K2O																											
Cr2O3	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04	0.04	0.00	0.05	0.02	0.03	0.02	0.00	0.01
Total	98.29	100.62	98.95	98.46	98.47	99.09	98.80	99.11	98.13	97.93	99.14	98.20	98.82	99.40	98.45	99.17	99.70	99.07	99.03	98.79	99.05	99.18	98.88	97.42	99.26	96.13	99.63
FORMULE STRUCTURALE																											
Si	3.04	3.03	2.99	2.99	2.99	2.99	3.00	2.99	2.98	3.03	3.00	3.00	2.99	3.00	2.98	3.01	3.01	3.00	3.01	3.00	3.00	2.99	2.99	3.01	3.01	3.00	3.01
Al iv	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Al vi	1.99	2.03	2.02	2.01	2.01	2.01	2.02	2.03	2.02	2.05	2.04	2.02	2.00	2.02	2.02	2.00	2.01	2.02	1.99	2.00	2.02	2.02	2.02	2.00	2.00	2.01	2.01
Al total	1.99	2.03	2.02	2.03	2.02	2.02	2.02	2.04	2.04	2.05	2.04	2.02	2.01	2.02	2.04	2.00	2.01	2.02	1.99	2.00	2.02	2.03	2.02	2.00	2.00	2.01	2.01
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2+	1.98	1.92	1.95	1.96	1.95	1.95	1.95	1.93	1.93	1.86	1.93	1.94	1.96	1.95	1.92	1.91	1.90	1.90	1.91	1.92	1.93	1.95	1.97	1.97	1.97	1.98	2.03
Mn	0.05	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.01	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05
Mg	0.66	0.68	0.71	0.70	0.71	0.72	0.70	0.73	0.73	0.75	0.70	0.71	0.71	0.72	0.77	0.73	0.76	0.76	0.76	0.76	0.73	0.71	0.68	0.69	0.69	0.68	0.62
Ca	0.25	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	0.28	0.27	0.30	0.27	0.30	0.29	0.30	0.29	0.29	0.32	0.29	0.29	0.28	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.27	0.28
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	7.97	7.98	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.01	7.97	7.99	7.99	8.00	7.99	8.00	7.99	7.99	8.00	7.99	8.00	8.00	8.00	8.00	7.99	7.99	8.00	7.99
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.25	0.26	0.27	0.26	0.27	0.27	0.26	0.27	0.27	0.29	0.27	0.27	0.27	0.27	0.29	0.28	0.29	0.28	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26	0.26	0.25	0.23
Almandin	67.4	65.7	65.5	65.7	65.4	65.1	65.5	64.9	64.5	64.5	65.5	65.3	65.0	65.7	64.3	64.1	63.6	63.7	63.8	64.4	64.8	65.6	66.1	65.8	65.9	66.2	68.4
Andradite	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Grossulaire	8.6	8.7	8.6	8.8	8.8	8.9	9.5	9.1	10.0	9.2	10.0	9.7	10.0	9.6	9.8	10.7	9.8	9.8	9.4	8.9	9.1	9.0	9.5	9.3	9.2	9.2	9.4
Pyrope	22.4	23.2	23.8	23.4	24.0	24.1	23.6	24.6	24.4	25.8	23.8	24.1	23.6	24.3	25.6	24.6	25.4	25.4	25.4	25.4	24.7	23.9	22.9	23.2	23.0	22.6	20.7
Spessartine	1.6	2.3	2.1	2.1	1.7	1.8	1.4	1.4	1.0	0.5	0.6	0.9	1.2	0.4	0.3	0.7	1.2	1.1	1.3	1.2	1.4	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	1.5

Echantillon	Micaschiste à grenat - 08.01											
minéraux	Grt	Bt			Mu	Pl				Ru	Ank	
N° sonde	65	68	71	72	67	69	73	74	76	75	66	70
	1a	1a	1b	1b	1a	1a	1b-cœur	1b-bord	1c	1b	1a	1b
SiO2	38.95	36.81	37.43	37.77	47.03	61.83	61.67	63.68	62.03	0.00	0.07	0.00
TiO2	0.01	2.21	1.59	1.81	0.96	0.00	0.00	0.03	0.00	98.70	0.00	0.00
Al2O3	22.23	18.62	19.44	18.50	32.36	24.57	24.72	23.69	24.27	0.00	0.05	0.02
FeO	29.92	14.91	17.51	15.86	1.23					0.36	11.12	13.27
Fe2O3	0.00					0.05	0.09	0.16	0.00			
MnO	1.13	0.10	0.00	0.08	0.07	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.51	0.65
MgO	5.10	12.55	11.08	12.59	1.54	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	13.81	12.56
CaO	5.07	0.00	0.03	0.07	0.14	6.32	5.92	4.71	5.88	0.04	28.23	28.00
Na2O		0.16	0.14	0.21	0.77	8.32	8.11	8.85	8.33	0.00	0.02	0.02
K2O		9.30	9.21	8.99	9.70	0.06	0.03	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.02	0.07	0.05	0.06						0.00	0.00
H2O*		4.07	4.12	4.13	4.45							
Total	102.41	99.77	101.82	101.33	98.30	101.16	100.54	101.16	100.61	99.11	53.81	54.53
FORMULE STRUCTURALE												
Si	2.99	5.43	5.44	5.48	6.34	2.72	2.72	2.78	2.74	0.00	0.01	0.00
Al iv	0.01	2.57	2.56	2.52	1.66							
Al vi	2.00	0.66	0.77	0.64	3.48							
Al total	2.01	3.23	3.33	3.16	5.14	1.27	1.28	1.22	1.26	0.00	0.01	0.00
Ti	0.00	0.25	0.17	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Fe	1.93	1.84	2.13	1.92	0.14					0.00	0.92	1.10
Fe3+	0.00					0.00	0.00	0.01	0.00			
Fe2+	1.93											
Mn	0.07	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05
Mg	0.58	2.76	2.40	2.72	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.03	1.86
Ca	0.42	0.00	0.01	0.01	0.02	0.30	0.28	0.22	0.28	0.00	2.98	2.98
Na		0.05	0.04	0.06	0.20	0.71	0.69	0.75	0.71	0.00	0.00	0.00
K		1.75	1.71	1.66	1.67	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01						0.00	0.00
OH*		4.00	4.00	4.00	4.00							
Total	8.00	19.91	19.94	19.98	17.93	5.00	4.98	4.98	4.99	1.00	5.99	6.00
Nbre d'Ox (Si)	12	22	22	22	22	8	8	8	8	2	6	6
Mg/(Mg+Fe2+)	0.23	0.60	0.53	0.59	0.69							
Ab						70.2	71.1	77.3	71.6			

An						29.5	28.7	22.7	27.9			
Or						0.3	0.2	0.0	0.5			
Almandine	64.1											
Andradite	0.0											
Grossular	14.0											
Pyrope	19.5											
Spessartine	2.5											

échantillon	Micaschiste à grenat - 08.02																							
minéral	Grt							Bt				Ms				Pl						Chl		Trm	
N° sonde	68	69	70	71	77	86	87	73	79	82	88	72	76	83	85/1	74	78	85 / 33	89	90	93	85 / 28	85 / 29	80	81
	1a-cœur	1a-interm	1a-interm	1a-bord	1b	3a-cœur	3a-bord	1a	1c	1d	3a	1a	1b	2d	2a	1a	1b	2c	3a	3b	4a	2b	2b	1c-cœur	1c-bord
SiO2	38.16	37.96	38.68	37.67	38.06	38.11	38.42	36.12	37.96	37.53	38.07	46.81	47.63	44.89	47.14	63.79	63.30	64.39	63.47	63.05	63.25	27.32	23.97	36.27	37.02
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	1.56	1.60	1.59	1.53	0.90	1.06	1.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.04	0.01	0.96	0.80
Al2O3	21.91	21.92	21.70	21.73	21.98	21.71	21.45	18.94	18.45	18.41	18.03	33.99	33.77	32.02	33.51	23.09	23.65	23.09	23.41	23.41	23.13	22.85	21.44	33.66	33.24
FeOtot.	31.88	32.63	31.78	33.17	31.21	32.87	33.14	14.36	14.93	15.10	14.94	1.12	1.43	1.43	1.49							15.71	28.29	5.38	4.74
Fe2O3recalc.	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00									0.00	0.06	0.22	0.00	0.00	0.08	1.58	0.67		
MnO	0.73	0.61	0.70	0.77	0.70	0.80	0.96	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.10	0.00	0.14	0.00	0.05
MgO	5.38	4.87	5.31	3.96	5.35	4.59	4.06	13.20	12.61	12.56	12.67	1.14	1.31	1.42	1.41	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	19.50	10.79	6.94	7.94
CaO	2.89	2.64	2.95	3.66	2.62	3.04	3.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.03	4.66	4.32	4.21	4.35	4.46	4.54	0.09	0.16	0.82	0.80
Na2O								0.25	0.22	0.23	0.17	1.00	1.05	0.95	0.98	8.68	8.86	9.46	9.13	8.87	8.86	0.02	0.00	1.95	2.05
K2O								8.86	8.50	8.61	8.68	8.94	9.34	8.76	9.35	0.06	0.07	0.03	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.07	0.04
H2O*								4.02	4.11	4.08	4.10	4.48	4.55	4.30	4.50							11.87	10.83		
Total	100.94	100.64	101.13	101.05	99.90	101.14	101.03	97.35	98.44	98.12	98.23	98.40	100.20	94.86	99.38	100.31	100.26	101.41	100.49	99.80	99.96	99.00	96.29	86.04	86.69
FORMULE STRUCTURALE																									
Si	2.98	2.98	3.01	2.97	2.99	2.99	3.02	5.39	5.54	5.52	5.57	6.26	6.28	6.26	6.28	2.81	2.79	2.81	2.79	2.79	2.80	5.49	5.30	7.44	7.51
Al iv	0.02	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	2.61	2.46	2.48	2.43	1.74	1.72	1.74	1.72							2.51	2.70		
Al vi	2.00	2.01	1.99	1.99	2.03	2.00	1.99	0.73	0.72	0.71	0.69	3.63	3.53	3.52	3.53							2.93	2.90		
Al total	2.02	2.03	1.99	2.02	2.04	2.01	1.99	3.33	3.18	3.19	3.11	5.36	5.25	5.26	5.26	1.20	1.23	1.19	1.21	1.22	1.20	5.44	5.60	8.13	7.95
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.18	0.18	0.17	0.09	0.11	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.15	0.12
Fe								1.79	1.82	1.86	1.83	0.13	0.16	0.17	0.17							2.88	5.34	0.92	0.80
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00									0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.24	0.11		
Fe2+	2.09	2.16	2.08	2.19	2.08	2.16	2.19															2.64	5.23		
Mn	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01
Mg	0.63	0.57	0.62	0.47	0.63	0.54	0.48	2.94	2.74	2.76	2.76	0.23	0.26	0.29	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.85	3.56	2.12	2.40
Ca	0.24	0.22	0.25	0.31	0.22	0.26	0.25	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.20	0.20	0.20	0.21	0.21	0.02	0.04	0.18	0.17
Na								0.07	0.06	0.07	0.05	0.26	0.27	0.26	0.25	0.74	0.76	0.80	0.78	0.76	0.76	0.02	0.00	0.77	0.81
K								1.69	1.58	1.62	1.62	1.53	1.57	1.56	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
OH*								4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00							16.00	16.00		
Total	8.01	8.01	7.99	8.01	8.00	8.00	7.99	19.89	19.91	19.91	19.94	17.86	17.90	17.91	17.92	4.97	4.98	5.00	4.99	4.98	4.98	35.71	35.86	19.74	19.80
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	22	22	22	22	22	22	22	22	8	8	8	8	8	8	28	28	31	31
Mg/(Mg+Fe2+)	0.23	0.21	0.23	0.18	0.23	0.20	0.18	0.62	0.60	0.60	0.60	0.65	0.62	0.64	0.63							0.69	0.40	0.70	0.75
Ab																76.9	78.4	80.2	78.8	78.1	77.9				
An																22.8	21.1	19.7	20.7	21.7	22.1				

Or																0.3	0.4	0.2	0.5	0.2	0.0				
Almandin	69.3	72.1	69.6	72.2	70.0	71.7	73.4																		
Andradite	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0																		
Grossulaire	8.1	7.4	8.2	10.1	7.4	8.6	8.5																		
Pyrope	21.0	19.1	20.6	15.7	21.0	17.9	16.0																		
Spessartine	1.6	1.4	1.5	1.7	1.6	1.8	2.2																		

échantillon	Micaschiste à grenat - 08-.02																		
minéral	Grt (coupe longitudinale)																		
N° sonde	85/3	85/4	85/6	85/8	85/9	85 / 10 .	85 / 11 .	85 / 12	85 / 13	85 / 14	85 / 15.	85 / 16	85 / 17	85 / 18.	85 / 19	85 / 20	85 / 21	85 / 22	85 / 23
	2a-bord															cœur			
SiO2	37.43	38.39	38.18	38.12	38.45	38.52	36.82	38.61	38.36	38.37	38.13	37.67	36.75	36.69	37.23	37.52	37.75	37.88	37.93
TiO2	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	21.96	21.93	21.85	21.66	21.70	21.64	21.36	21.79	21.24	21.88	21.71	22.18	22.57	23.09	22.12	21.78	21.60	21.98	21.70
FeOtot.	30.92	31.74	31.32	31.53	30.93	31.67	32.14	31.63	31.25	31.22	31.39	31.41	32.61	33.89	34.45	34.02	32.63	32.29	31.10
Fe2O3recalc.	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.50	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
MnO	0.49	0.80	0.76	0.82	0.84	0.68	0.77	0.85	0.70	0.93	0.73	0.87	0.76	0.84	1.02	0.99	0.86	0.88	0.91
MgO	5.04	5.30	5.38	5.63	5.37	5.25	5.07	5.68	5.25	5.52	5.52	5.56	4.34	4.29	3.26	3.48	4.81	5.40	5.21
CaO	3.32	2.86	2.55	2.68	2.73	2.68	2.64	2.87	2.72	2.65	2.85	2.84	3.00	2.63	2.88	2.78	2.84	2.39	2.98
Na2O																			
K2O																			
Cr2O3	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
Total	99.16	101.05	100.04	100.55	100.01	100.43	99.30	101.58	99.52	100.58	100.36	100.55	100.06	101.43	100.96	100.56	100.69	100.84	99.84
FORMULE STRUCTURALE																			
Si	2.97	2.99	3.00	2.99	3.01	3.01	2.95	3.00	3.03	3.00	2.99	2.95	2.91	2.88	2.95	2.98	2.98	2.97	2.99
Al iv	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.09	0.12	0.05	0.02	0.02	0.03	0.01
Al vi	2.02	2.01	2.02	1.99	2.01	2.00	1.97	1.99	1.98	2.01	2.00	2.01	2.02	2.02	2.02	2.02	1.99	2.00	2.01
Al total	2.06	2.02	2.03	2.00	2.01	2.00	2.02	1.99	1.98	2.02	2.01	2.05	2.11	2.14	2.07	2.04	2.01	2.03	2.02
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Fe2+	2.08	2.08	2.08	2.07	2.06	2.09	2.15	2.05	2.08	2.06	2.06	2.07	2.19	2.25	2.31	2.28	2.15	2.12	2.07
Mn	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06
Mg	0.59	0.62	0.63	0.66	0.63	0.61	0.60	0.66	0.62	0.64	0.65	0.65	0.51	0.50	0.39	0.41	0.57	0.63	0.61
Ca	0.28	0.24	0.21	0.22	0.23	0.22	0.23	0.24	0.23	0.22	0.24	0.24	0.25	0.22	0.24	0.24	0.24	0.20	0.25
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	8.01	8.00	8.00	8.01	7.99	7.99	8.03	8.00	7.98	8.00	8.00	8.02	8.04	8.06	8.02	8.01	8.01	8.01	8.00
(O,F) ou Si	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.22	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23	0.22	0.24	0.23	0.24	0.24	0.24	0.19	0.18	0.14	0.15	0.21	0.23	0.23
Almandin	69.3	69.7	70.0	68.6	69.3	70.4	70.0	68.2	69.8	69.0	68.8	68.0	71.9	72.9	76.3	76.0	71.0	70.0	69.1
Andradite	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	1.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
Grossulaire	9.5	7.9	7.2	7.2	7.7	7.5	6.1	7.5	7.8	7.4	8.0	8.1	8.8	7.7	8.3	7.9	7.4	6.7	8.4
Pyrope	20.1	20.6	21.1	22.0	21.1	20.6	20.5	21.9	20.8	21.5	21.6	22.0	17.6	17.4	13.1	13.8	19.0	21.2	20.5
Spessartine	1.1	1.8	1.7	1.8	1.9	1.5	1.8	1.9	1.6	2.1	1.6	1.9	1.8	1.9	2.3	2.2	1.9	2.0	2.0

échantillon	Micaschiste à grenat - 08.02																		
minéral	Grt (coupe longitudinale)																		
N° sonde	85 / 24	85 / 25	85 / 26	85 / 27	85 / 30	85 / 31	85 / 32	85 / 36	85 / 37	85 / 38	85 / 39	85 / 40	85 / 41	85 / 42	85 / 43	85 / 44	85 / 45	85 / 46	85 / 47
				2b	2b		2c	2c											bord
SiO2	38.03	38.79	37.95	38.09	38.16	37.90	38.31	38.34	38.32	38.24	38.04	37.97	37.97	38.05	38.67	38.52	37.57	38.04	37.68
TiO2	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.06	0.01	0.00	0.01
Al2O3	21.57	22.28	21.39	21.70	21.60	21.71	21.70	21.18	21.56	21.95	21.82	22.08	21.82	21.68	21.81	21.51	21.57	21.58	21.67
FeOtot.	31.51	32.71	31.58	31.38	31.88	32.24	32.04	32.21	31.55	31.78	31.50	31.22	31.26	32.05	31.80	32.04	31.38	31.80	31.81
Fe2O3recalc.	0.19	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.82	1.04	1.04	1.09	0.96	1.11	1.15	1.03	0.82	0.93	0.69	0.89	0.73	0.75	0.74	0.82	0.74	0.73	0.57
MgO	5.53	4.08	5.35	5.23	5.24	4.96	4.56	5.13	4.91	5.54	5.36	5.36	5.59	5.34	5.43	5.20	5.23	5.00	4.87
CaO	2.82	2.58	2.59	2.81	2.70	2.52	2.75	2.63	2.62	2.71	2.84	2.50	2.61	2.79	2.57	2.60	2.72	2.67	3.12
Na2O																			
K2O																			
Total	100.49	101.48	100.09	100.30	100.54	100.45	100.53	100.97	99.779	101.19	100.26	100.03	99.985	100.82	101.03	100.81	99.223	99.805	99.73
FORMULE STRUCTURALE																			
Si	2.99	3.01	3.00	2.99	3.00	2.99	3.01	3.01	3.02	2.98	2.99	2.98	2.99	2.98	3.01	3.01	2.99	3.00	2.98
Al iv	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
Al vi	1.99	2.05	1.99	2.01	2.00	2.00	2.01	1.96	2.01	2.00	2.01	2.03	2.01	1.99	2.00	1.99	2.01	2.01	2.01
Al total	2.00	2.05	1.99	2.01	2.00	2.02	2.01	1.96	2.01	2.02	2.02	2.05	2.03	2.00	2.00	1.99	2.02	2.01	2.02
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2+	2.07	2.19	2.09	2.07	2.10	2.13	2.13	2.11	2.11	2.08	2.08	2.08	2.07	2.10	2.09	2.10	2.10	2.12	2.12
Mn	0.05	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.08	0.07	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
Mg	0.65	0.47	0.63	0.61	0.61	0.58	0.53	0.60	0.58	0.64	0.63	0.63	0.66	0.62	0.63	0.61	0.62	0.59	0.58
Ca	0.24	0.21	0.22	0.24	0.23	0.21	0.23	0.22	0.22	0.23	0.24	0.21	0.22	0.23	0.21	0.22	0.23	0.23	0.26
Total	8.01	7.99	8.00	8.00	8.00	8.01	7.99	8.00	7.99	8.01	8.00	8.01	8.01	8.01	7.99	7.99	8.01	8.00	8.01
(O,F) ou Si	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.24	0.18	0.23	0.23	0.23	0.21	0.20	0.22	0.21	0.24	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.21
Almandin	68.6	74.4	69.3	69.2	69.8	70.9	71.7	70.1	71.2	68.8	69.5	69.9	69.1	69.6	70.1	70.5	69.8	71.1	70.6
Andradite	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Grossulaire	7.3	7.3	6.8	7.9	7.6	7.1	7.8	6.1	7.5	7.5	8.0	7.0	7.4	7.4	7.2	7.1	7.8	7.6	8.9
Pyrope	21.7	16.0	21.0	20.5	20.5	19.5	18.0	20.1	19.5	21.6	21.0	21.1	21.9	20.9	21.1	20.4	20.8	19.7	19.3
Spessartine	1.8	2.3	2.3	2.4	2.1	2.5	2.6	2.3	1.8	2.1	1.5	2.0	1.6	1.7	1.6	1.8	1.7	1.6	1.3

Echantillon	Migmatite à grenat-disthène de Yaoundé - 08.13							
minéraux	Grt					Bt		Pl
N° sonde	2	3	6	7	8	1	9	11
	1a-bord	1a-cœur	1b-cœur	1b-interm.	1b-bord	1a	1b	1c
SiO2	36.63	37.12	37.90	37.96	38.10	35.82	37.44	61.30
TiO2	0.02	0.02	0.04	0.00	0.00	4.14	4.16	0.00
Al2O3	21.92	22.49	22.25	22.21	21.87	17.32	17.15	23.41
FeO	32.44	29.26	28.16	28.21	30.64	12.60	13.22	
Fe2O3	0.67	0.68	0.35	0.22	0.00			0.04
MnO	1.12	0.84	0.54	0.81	0.92	0.00	0.07	0.00
MgO	5.63	8.06	7.95	7.83	6.60	11.89	12.92	0.00
CaO	2.01	2.08	3.06	2.82	1.90	0.00	0.13	5.02
Na2O						0.03	0.11	8.57
K2O						10.86	9.01	0.20
Cr2O3	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.12	0.10	
H2O*						3.96	4.10	
Total	100.44	100.55	100.25	100.05	100.06	97.46	99.61	98.54
FORMULE STRUCTURALE								
Si	2.90	2.89	2.94	2.95	2.98	5.42	5.48	2.76
Al iv	0.10	0.11	0.06	0.05	0.02	2.58	2.52	
Al vi	1.95	1.95	1.98	1.99	2.00	0.51	0.44	
Al total	2.05	2.07	2.04	2.04	2.02	3.09	2.96	1.24
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.46	0.00
Fe	2.19	1.94	1.85	1.85	2.01	1.60	1.62	
Fe3+	0.04	0.04	0.02	0.01	0.00			0.00
Fe2+	2.15	1.90	1.83	1.83	2.01			
Mn	0.07	0.06	0.04	0.05	0.06	0.00	0.01	0.00
Mg	0.66	0.93	0.92	0.91	0.77	2.68	2.82	0.00
Ca	0.17	0.17	0.25	0.24	0.16	0.00	0.02	0.24
Na						0.01	0.03	0.75
K						2.10	1.68	0.01
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	
OH*						4.00	4.00	
Total	8.06	8.06	8.03	8.03	8.01	19.83	19.79	5.00
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	22	22	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.24	0.33	0.34	0.33	0.28	0.43	0.44	
Ab								74.7
An								24.2
Or								1.1
Almandin	68.6	59.7	58.9	59.5	66.8			
Andradite	2.1	2.1	1.0	0.6	0.0			
Grossulaire	3.8	3.9	7.6	7.3	5.3			
Pyrope	22.9	32.4	31.3	30.8	25.8			
Spessartine	2.6	1.9	1.2	1.8	2.1			
Ouvarovite	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1			

Echantillon	Métagranite - 08.14								
minéraux	Bt		Mu		Pl		Kfs		
N° sonde	15	23	16	19	14	21	18	20	22
	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a
SiO2	36.46	36.45	47.93	47.56	67.08	67.53	64.57	64.77	64.62
TiO2	3.45	3.31	1.12	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	16.09	16.55	29.36	29.34	20.88	20.68	18.21	18.51	18.52
FeO	23.11	22.35	4.76	4.91					
Fe2O3recalc.					0.00	0.00	0.05	0.09	0.00
MnO	0.53	0.48	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.10
MgO	6.61	6.73	1.63	1.63	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
CaO	0.00	0.00	0.00	0.02	1.85	1.46	0.00	0.06	0.00
Na2O	0.04	0.10	0.18	0.23	10.59	10.70	0.85	1.02	0.74
K2O	9.33	9.50	10.48	10.52	0.15	0.19	15.01	15.49	15.36
Cr2O3	0.00	0.00	0.01	0.00					
H2O*	3.93	3.93	4.44	4.43					
Total	100.46	100.30	99.96	100.00	100.55	100.55	98.69	100.02	99.33
FORMULE STRUCTURALE									
Si	5.57	5.56	6.48	6.44	2.93	2.94	3.01	2.99	3.00
Al iv	2.43	2.44	1.52	1.56					
Al vi	0.47	0.53	3.15	3.12					
Al total	2.90	2.97	4.68	4.68	1.07	1.06	1.00	1.01	1.01
Ti	0.40	0.38	0.11	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	2.95	2.85	0.54	0.56					
Mn	0.07	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	1.50	1.53	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.07	0.00	0.00	0.00
Na	0.01	0.03	0.05	0.06	0.90	0.90	0.08	0.09	0.07
K	1.82	1.85	1.81	1.82	0.01	0.01	0.89	0.91	0.91
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00					
OH*	4.00	4.00	4.00	4.00					
TOTAL	19.78	19.79	18.00	18.02	4.99	4.98	4.98	5.01	4.99
Nbre d'Ox (Si)	22	22	22	22	8	8	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.34	0.35	0.38	0.37					
Ab					90.42	91.97	7.96	9.08	6.78
An					8.73	6.93	0.00	0.28	0.00
Or					0.85	1.10	92.04	90.64	93.22

échantillon	Migmatite à grenat-disthène - 08.20												
minéral	Grt				Pl			Ms			Bt		
N° sonde	3	5	11	12	2	14	15	6	8	17	9	13	16
	1b-bord	1b-cœur	1c-interm.	1c-bord	1a	1d	1e	1b	1b	1e	1b	1c	1e
SiO2	38.36	38.63	38.92	38.57	64.11	62.49	63.52	48.30	48.27	47.86	38.23	37.23	37.00
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	1.03	1.25	1.32	3.99	3.63	4.05
Al2O3	21.55	21.98	21.94	21.95	23.12	23.66	23.36	34.23	34.21	34.15	17.48	18.94	17.34
FeOtot.	30.32	28.67	29.68	30.33				1.40	1.39	1.07	15.18	14.46	15.99
Fe2O3recalc.	0.17	0.20	0.00	0.00	0.12	0.01	0.00						
MnO	1.45	1.29	1.09	1.40	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01
MgO	5.82	6.06	6.39	5.82	0.02	0.00	0.03	1.25	1.30	1.32	10.67	10.73	10.83
CaO	2.92	4.55	2.83	3.12	4.31	4.47	4.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
Na2O					8.75	8.42	8.77	0.18	0.20	0.25	0.06	0.08	0.04
K2O					0.25	0.28	0.28	10.49	10.69	9.98	9.88	9.66	9.85
H2O*								4.60	4.61	4.57	4.12	4.09	4.05
Total	100.60	101.38	100.86	101.19	100.69	99.33	100.49	101.50	101.92	100.56	99.61	98.86	99.17
FORMULE STRUCTURALE													
Si	3.00	2.98	3.01	2.99	2.81	2.78	2.79	6.30	6.28	6.28	5.56	5.46	5.47
Al iv	0.00	0.02	0.00	0.01				1.70	1.72	1.72	2.44	2.54	2.53
Al vi	1.99	1.99	2.00	2.00				3.57	3.53	3.57	0.56	0.73	0.49
Al total	1.99	2.00	2.00	2.01	1.19	1.24	1.21	5.27	5.25	5.28	3.00	3.27	3.02
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.12	0.13	0.44	0.40	0.45
Fe								0.15	0.15	0.12	1.85	1.77	1.98
Fe3+	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
Fe2+	1.98	1.85	1.94	1.97									
Mn	0.10	0.08	0.07	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.68	0.70	0.74	0.67	0.00	0.00	0.00	0.24	0.25	0.26	2.31	2.34	2.39
Ca	0.24	0.38	0.23	0.26	0.20	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na					0.74	0.73	0.75	0.05	0.05	0.06	0.02	0.02	0.01
K					0.01	0.02	0.02	1.75	1.78	1.67	1.83	1.80	1.86
OH*								4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Total	8.00	8.01	7.99	8.00	4.97	4.97	4.98	17.86	17.88	17.81	19.84	19.75	19.82
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	8	8	8	22	22	22	22	22	22
Mg/(Mg+Fe2+)	0.26	0.27	0.28	0.25				0.61	0.63	0.69	0.56	0.57	0.55
Ab					77.4	76.0	76.6						
An					21.1	22.3	21.8						
Or					1.5	1.6	1.6						
Almandin	66.0	61.2	65.0	65.8									
Andradite	0.5	0.6	0.0	0.0									
Grossulaire	7.7	12.0	7.9	8.7									
Pyrope	22.7	23.4	24.7	22.5									
Spessartine	3.2	2.8	2.4	3.1									

Echantillon	Micaschiste à grenat - 08.16																				
minéraux	Grt													Bt		Mu			Pl	Ru	Ilm
N° sonde	61	62	64	65	66	71 / 2	71 / 4	71 / 5	71 / 6	71 / 7	71 / 8	71 / 9	71 / 10	59	69	60	70	71 / 1	68	57	63
	1b-bord	1b-interm.	1b-interm.	1b-bord	1c	2a-bord	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a-cœur	1b	1c	1b	1c	2a	1c	1a	1b
SiO2	38.13	38.19	37.98	37.26	38.23	37.97	37.27	38.05	37.80	37.64	37.97	37.49	38.50	38.14	38.90	47.23	47.47	49.17	63.86	0.00	
TiO2	0.05	0.02	0.09	0.13	0.08	0.05	0.50	0.17	0.05	0.07	0.09	0.09	0.07	1.58	1.74	0.69	0.71	0.69	0.00	97.08	51.44
Al2O3	21.92	21.47	21.27	21.07	21.44	21.16	21.27	21.49	21.13	21.18	21.35	21.40	21.37	18.52	18.48	34.49	33.31	31.67	23.43	0.00	2.23
FeO	31.53	30.68	31.08	27.62	29.53	30.79	30.11	30.00	29.33	29.29	28.94	29.37	28.59	15.69	15.14	1.27	1.30	1.17		0.35	44.88
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.31	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00						0.06		-2.30
MnO	0.45	0.51	1.84	4.91	0.26	1.25	0.29	0.20	0.25	0.26	0.36	0.43	0.49	0.00	0.02	0.04	0.03	0.00	0.00	0.09	1.02
MgO	4.19	2.80	1.26	0.90	3.33	3.04	2.64	2.49	1.98	2.01	1.94	1.90	1.63	12.84	13.02	1.47	1.61	1.55	0.00	0.01	0.19
CaO	5.10	6.96	7.50	7.83	7.79	6.19	7.38	8.11	9.33	8.50	8.85	9.25	9.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.10	4.39	0.00	
Na2O														0.27	0.18	1.16	1.09	1.03	9.06	0.00	
K2O														8.52	8.45	8.80	9.22	8.34	0.05	0.00	
Cr2O3	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00			
H2O*														4.15	4.20	4.76	4.73	4.75			
Total	101.38	100.64	101.03	99.71	100.80	100.76	99.45	100.52	100.01	98.95	99.50	99.94	99.69	99.71	100.12	99.96	99.50	98.46	100.85	97.52	97.46
FORMULE STRUCTURALE																					
Si	2.98	3.01	3.01	3.00	3.00	3.00	2.98	3.00	3.01	3.01	3.02	2.99	3.04	5.51	5.56	5.95	6.02	6.21	2.80	0.00	
Al iv	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.49	2.44	2.05	1.98	1.79			
Al vi	2.00	2.00	1.99	2.00	1.98	1.97	1.98	2.00	1.98	2.00	2.00	2.00	2.00	0.67	0.67	3.07	2.99	2.92			
Al total	2.02	2.00	1.99	2.00	1.98	1.97	2.00	2.00	1.98	2.00	2.00	2.01	2.00	3.16	3.11	5.12	4.98	4.71	1.21	0.00	0.07
Ti	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.17	0.19	0.07	0.07	0.07	0.00	1.00	0.99
Fe	2.06	2.03	2.07	1.87	1.95	2.04	2.02	1.99	1.96	1.98	1.95	1.96	1.94	1.90	1.81	0.13	0.14	0.12		0.00	0.92
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00		-0.04
Fe2+	2.06	2.03	2.07	1.87	1.94	2.04	2.02	1.99	1.95	1.98	1.95	1.96	1.94								0.96
Mn	0.03	0.03	0.12	0.33	0.02	0.08	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Mg	0.49	0.33	0.15	0.11	0.39	0.36	0.31	0.29	0.23	0.24	0.23	0.23	0.19	2.77	2.77	0.28	0.30	0.29	0.00	0.00	0.01
Ca	0.43	0.59	0.64	0.67	0.66	0.52	0.63	0.69	0.79	0.73	0.75	0.79	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.21	0.00	
Na														0.08	0.05	0.28	0.27	0.25	0.77	0.00	
K														1.57	1.54	1.41	1.49	1.34	0.00	0.00	
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
OH*														4	4	4	4	4			
Total	8.01	7.99	7.99	8.00	8.00	8.00	8.00	7.99	8.00	7.99	7.99	8.00	7.97	19.16	19.03	22.38	22.24	21.72	4.98	1.00	2.91
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	22	22	22	22	22	8	2	6

Mg/(Mg+Fe2+)	0.19	0.14	0.07	0.05	0.17	0.15	0.14	0.13	0.11	0.11	0.11	0.10	0.09	0.59	0.61	0.67	0.69	0.7			
Ab																			78.64		
An																			21.05		
Or																			0.31		
Almandine	68.3	68.1	69.5	62.6	64.5	67.6	67.6	66.8	64.9	66.8	66.0	65.0	66.3								
Andradite	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.9	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0								
Grossular	14.3	19.7	21.3	22.6	21.5	16.6	21.2	23.0	26.2	24.5	25.4	26.4	26.1								
Pyrope	16.4	11.0	5.0	3.6	13.0	12.0	10.6	9.8	7.9	8.1	7.8	7.6	6.5								
Spessartine	1.0	1.1	4.1	11.2	0.6	2.8	0.7	0.5	0.6	0.6	0.8	1.0	1.1								

échantillon	Migmatite à grenat-disthène - 08.21															
minéral	Grt (coupe longitudinale)															
N° sonde	69	70	71	73	74	75	76	77	78	79	80	81	83	84	85	87
	1d-bord		1c	1c												
SiO2	38.37	38.03	37.78	38.49	37.79	38.82	37.23	38.63	38.38	38.46	38.52	38.50	38.88	38.55	38.60	38.63
TiO2	0.00	0.00	0.03	0.04	0.01	0.05	0.02	0.01	0.02	0.06	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Al2O3	21.88	21.83	21.87	22.34	22.37	22.41	22.62	22.05	21.96	22.26	21.99	21.91	22.11	21.88	21.98	21.91
FeOtot.	32.22	30.57	30.19	29.92	29.27	29.48	29.71	29.36	29.22	29.41	29.33	29.87	29.31	29.31	29.25	30.04
Fe2O3recalc.	0.00	0.00	0.15	0.00	0.46	0.00	0.04	0.11	0.02	0.00	0.10	0.21	0.00	0.00	0.05	0.20
MnO	1.29	1.39	1.03	0.83	0.78	0.70	0.31	0.60	0.61	0.34	0.59	0.58	0.43	0.69	0.78	0.60
MgO	4.69	5.46	5.77	5.95	6.43	6.35	6.33	6.28	6.11	6.03	6.20	5.96	6.11	6.09	6.32	6.02
CaO	2.81	2.93	3.55	4.02	4.32	3.93	4.10	4.24	4.30	4.24	4.27	4.22	4.02	4.15	3.98	4.01
Na2O																
K2O																
Total	101.26	100.25	100.43	101.59	101.42	101.73	100.35	101.28	100.61	100.79	101.02	101.25	100.85	100.67	100.96	101.42
FORMULE STRUCTURALE																
Si	3.00	2.98	2.96	2.97	2.93	2.98	2.91	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98	3.00	3.00	2.99	2.99
Al iv	0.00	0.02	0.04	0.03	0.07	0.02	0.09	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01
Al vi	2.01	2.01	1.98	2.00	1.97	2.01	2.00	1.99	2.00	2.01	1.99	1.99	2.02	2.00	2.00	1.99
Al total	2.02	2.02	2.02	2.03	2.04	2.03	2.09	2.01	2.01	2.03	2.01	2.00	2.02	2.00	2.01	2.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe2+	2.12	2.02	1.98	1.94	1.89	1.90	1.94	1.90	1.90	1.92	1.90	1.94	1.92	1.91	1.89	1.94
Mn	0.09	0.09	0.07	0.05	0.05	0.05	0.02	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.04
Mg	0.55	0.64	0.67	0.68	0.74	0.73	0.74	0.72	0.71	0.70	0.72	0.69	0.70	0.71	0.73	0.69
Ca	0.24	0.25	0.30	0.33	0.36	0.32	0.34	0.35	0.36	0.35	0.35	0.35	0.33	0.35	0.33	0.33
Total	8.00	8.01	8.02	8.01	8.04	8.01	8.04	8.01	8.01	8.01	8.01	8.01	8.00	8.00	8.01	8.01
(O,F) ou Si	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.20	0.24	0.25	0.26	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.27	0.27	0.28	0.26
Almandin	71.0	67.3	64.9	63.9	60.7	63.3	62.2	62.7	62.9	64.1	62.8	63.9	64.3	63.4	62.8	64.3
Andradite	0.0	0.0	0.5	0.0	1.4	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	0.2	0.6
Grossulaire	7.9	8.1	9.4	11.2	10.9	10.8	11.7	11.4	11.9	11.8	11.6	11.1	11.2	11.5	10.9	10.5
Pyrope	18.3	21.4	22.8	23.0	25.3	24.4	25.3	24.2	23.7	23.4	24.0	23.1	23.6	23.5	24.4	23.2
Spessartine	2.9	3.1	2.3	1.8	1.7	1.5	0.7	1.3	1.4	0.8	1.3	1.3	0.9	1.5	1.7	1.3

échantillon	Migmatite à grenat-disthène - 08.21																	
minéral	Grt (coupe longitudinale)																	
N° sonde	90	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
SiO2	38.49	38.37	38.47	38.41	39.06	38.59	38.10	38.33	38.24	38.62	37.89	38.37	38.33	38.63	38.48	38.49	38.07	38.18
TiO2	0.01	0.06	0.02	0.00	0.04	0.05	0.04	0.02	0.03	0.02	0.00	0.04	0.03	0.04	0.02	0.06	0.07	0.03
Al2O3	22.11	22.05	22.39	22.04	21.73	21.80	21.68	21.72	21.87	22.13	22.00	22.09	22.03	21.65	21.70	21.88	21.63	21.93
FeOtot.	30.57	29.60	29.74	28.76	29.41	29.58	29.62	29.53	29.35	29.77	29.56	29.73	29.37	29.63	29.42	29.40	29.09	28.99
Fe2O3recalc.	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.17	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.04	0.25	0.00	0.10	0.00
MnO	0.80	1.00	0.95	0.62	0.81	0.84	0.83	0.69	0.80	0.91	0.78	0.60	0.87	0.88	0.84	1.03	0.81	1.02
MgO	5.59	5.98	5.89	6.09	5.82	5.56	5.25	5.56	5.23	5.11	5.13	5.16	4.79	4.82	4.74	4.30	4.46	4.39
CaO	4.03	3.94	4.19	4.13	4.15	4.46	4.66	4.66	5.13	5.00	5.10	5.48	5.37	5.40	5.87	6.07	6.20	6.27
Na2O																		
K2O																		
Total	101.63	101.00	101.64	100.05	101.02	100.86	100.24	100.68	100.65	101.56	100.45	101.59	100.78	101.11	101.32	101.23	100.43	100.80
FORMULE STRUCTURALE																		
Si	2.98	2.98	2.97	2.99	3.02	3.00	2.99	2.99	2.99	2.99	2.97	2.97	2.99	3.01	2.99	2.99	2.99	2.98
Al iv	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
Al vi	2.00	2.00	2.00	2.02	1.98	2.00	1.99	1.99	2.00	2.01	2.00	1.99	2.01	1.99	1.98	2.00	1.99	2.00
Al total	2.02	2.02	2.04	2.03	1.98	2.00	2.01	2.00	2.01	2.02	2.03	2.02	2.03	1.99	1.99	2.01	2.00	2.02
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Fe2+	1.98	1.92	1.92	1.89	1.91	1.93	1.94	1.93	1.92	1.93	1.94	1.93	1.93	1.93	1.91	1.92	1.91	1.90
Mn	0.05	0.07	0.06	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06	0.07	0.05	0.07
Mg	0.64	0.69	0.68	0.71	0.67	0.64	0.61	0.65	0.61	0.59	0.60	0.60	0.56	0.56	0.55	0.50	0.52	0.51
Ca	0.33	0.33	0.35	0.34	0.34	0.37	0.39	0.39	0.43	0.41	0.43	0.45	0.45	0.45	0.49	0.51	0.52	0.52
Total	8.01	8.01	8.01	8.00	7.99	8.00	8.00	8.01	8.01	8.00	8.02	8.01	8.00	8.00	8.01	8.00	8.01	8.01
(O,F) ou Si	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.25	0.26	0.26	0.27	0.26	0.25	0.24	0.25	0.24	0.23	0.24	0.24	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21
Almandin	65.4	63.6	63.4	63.4	64.1	64.3	64.5	63.8	63.5	64.4	63.7	63.3	64.4	64.3	63.4	64.2	63.3	63.0
Andradite	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.7	0.0	0.3	0.0
Grossulaire	11.1	11.0	11.7	11.5	11.6	12.4	13.0	12.5	14.4	13.9	14.4	14.9	15.0	14.9	15.6	16.9	17.1	17.6
Pyrope	21.6	23.2	22.8	23.7	22.6	21.5	20.6	21.6	20.4	19.7	20.2	20.0	18.6	18.7	18.4	16.6	17.5	17.1
Spessartine	1.8	2.2	2.1	1.4	1.8	1.8	1.8	1.5	1.8	2.0	1.7	1.3	1.9	1.9	1.8	2.3	1.8	2.3

échantillon	Migmatite à grenat-disthène - 08.21															
minéral	Grt (coupe longitudinale)															
N° sonde	109	110	111	112	113	114	116	117	118	119	121	122	123	124	125	133
									cœur							
SiO2	38.13	38.23	38.51	38.14	38.14	38.57	38.15	38.35	38.42	38.66	38.55	38.47	38.48	38.55	38.67	38.56
TiO2	0.03	0.03	0.06	0.05	0.00	0.04	0.03	0.29	0.03	0.03	0.02	0.01	0.03	0.01	0.04	0.03
Al2O3	22.05	21.81	22.04	21.77	21.82	21.83	21.91	21.85	21.89	22.01	21.91	21.92	22.04	21.87	21.79	21.96
FeO	28.66	28.80	29.04	28.88	28.64	28.34	28.25	27.77	28.38	28.19	27.33	27.60	27.77	27.47	27.14	28.26
Fe2O3recalc.	0.09	0.29	0.18	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.08	0.19
MnO	1.03	1.08	1.07	1.01	1.16	1.20	1.32	1.25	1.22	1.40	1.43	1.47	1.53	1.29	1.69	1.43
MgO	4.47	4.46	4.63	4.45	4.73	4.76	4.72	4.61	4.85	4.82	4.84	4.85	4.94	4.98	5.02	5.57
CaO	6.77	6.62	6.44	6.25	5.94	6.06	6.32	6.42	6.26	6.18	6.60	6.47	6.71	6.63	6.60	5.39
Na2O																
K2O																
Total	101.23	101.31	101.97	100.54	100.43	100.79	100.74	100.54	101.15	101.29	100.68	100.77	101.76	100.79	101.05	101.39
FORMULE STRUCTURALE																
Si	2.97	2.98	2.98	2.99	2.99	3.00	2.98	2.99	2.99	2.99	3.00	2.99	2.97	3.00	3.00	2.98
Al iv	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02
Al vi	1.99	1.98	1.98	2.00	2.00	2.00	1.99	2.00	1.99	2.00	2.01	2.00	1.98	2.00	1.99	1.99
Al total	2.02	2.00	2.01	2.01	2.01	2.00	2.02	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.00	1.99	2.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
Fe2+	1.87	1.88	1.88	1.89	1.88	1.85	1.84	1.83	1.84	1.83	1.79	1.80	1.79	1.79	1.76	1.83
Mn	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.08	0.11	0.09
Mg	0.52	0.52	0.53	0.52	0.55	0.55	0.55	0.54	0.56	0.56	0.56	0.56	0.57	0.58	0.58	0.64
Ca	0.56	0.55	0.53	0.52	0.50	0.51	0.53	0.54	0.52	0.51	0.55	0.54	0.56	0.55	0.55	0.45
Total	8.02	8.01	8.01	8.00	8.01	8.00	8.01	8.00	8.01	8.00	8.00	8.00	8.02	8.00	8.00	8.01
(O,F) ou Si	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25	0.26
Ab																
Almandin	61.2	61.7	61.8	62.8	62.2	62.0	60.9	61.3	61.0	61.2	59.7	60.0	58.8	59.5	58.6	60.3
Andradite	0.3	0.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.2	0.6
Grossulaire	18.7	17.7	17.4	17.5	16.7	16.9	17.6	18.0	17.1	17.1	18.4	18.0	17.9	18.4	18.0	14.4
Pyrope	17.5	17.4	17.9	17.4	18.5	18.5	18.4	18.0	18.8	18.6	18.8	18.8	19.1	19.2	19.4	21.5
Spessartine	2.3	2.4	2.4	2.2	2.6	2.6	2.9	2.8	2.7	3.1	3.1	3.2	3.4	2.8	3.7	3.1

Migmatite à grenat-disthène - 08.21																		
Grt (coupe longitudinale)																		
N° sonde	135	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153
SiO2	38.65	38.74	38.89	39.72	38.27	38.79	38.57	38.36	38.53	38.80	38.66	38.70	38.00	38.60	38.59	38.58	38.59	38.77
TiO2	0.01	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02
Al2O3	21.91	22.10	22.38	21.81	21.92	21.86	21.92	22.33	22.02	22.05	22.22	21.85	22.52	22.12	22.05	21.98	22.02	21.91
FeO	28.29	28.28	27.97	27.93	28.31	28.23	28.45	28.64	28.75	28.91	28.89	28.53	27.94	28.55	28.41	27.94	28.85	28.22
Fe2O3recalc.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.14	0.00	0.13	0.00	0.00	0.09	0.00	0.03	0.20	0.00	0.14	0.00
MnO	1.39	1.55	1.48	1.54	1.29	1.34	1.23	1.24	1.39	1.09	1.39	1.35	1.37	1.52	1.34	1.32	1.39	1.34
MgO	5.63	5.57	5.90	5.69	5.86	5.72	6.06	6.04	6.02	5.95	5.93	6.11	6.12	5.97	6.30	6.21	6.19	5.95
CaO	5.11	4.94	4.67	4.72	4.95	4.69	4.64	4.33	4.39	4.34	4.35	4.34	4.32	4.57	4.44	4.45	4.14	4.20
Na2O																		
K2O																		
Total	101.00	101.20	101.31	101.45	100.85	100.63	101.04	100.93	101.24	101.14	101.49	101.01	100.26	101.37	101.37	100.50	101.35	100.43
FORMULE STRUCTURALE																		
Si	3.00	2.99	2.99	3.04	2.97	3.01	2.99	2.97	2.98	3.00	2.98	3.00	2.95	2.98	2.98	2.99	2.98	3.01
Al iv	0.00	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.05	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00
Al vi	2.00	2.01	2.02	1.97	1.98	2.00	1.99	2.01	1.99	2.01	2.00	1.99	2.02	2.00	1.98	2.01	1.99	2.01
Al total	2.00	2.01	2.03	1.97	2.01	2.00	2.00	2.04	2.01	2.01	2.02	1.99	2.07	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Fe2+	1.83	1.84	1.82	1.82	1.84	1.84	1.84	1.87	1.86	1.88	1.87	1.85	1.84	1.84	1.83	1.82	1.86	1.85
Mn	0.09	0.10	0.10	0.10	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.07	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09
Mg	0.65	0.64	0.68	0.65	0.68	0.66	0.70	0.70	0.69	0.68	0.68	0.71	0.71	0.69	0.73	0.72	0.71	0.69
Ca	0.42	0.41	0.38	0.39	0.41	0.39	0.38	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.38	0.37	0.37	0.34	0.35
Total	8.00	8.00	8.00	7.97	8.02	7.99	8.01	8.01	8.01	8.00	8.01	8.00	8.02	8.01	8.01	8.00	8.01	7.99
(O,F) ou Si	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.26	0.26	0.27	0.26	0.27	0.26	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.27	0.28	0.28	0.28	0.27
Almandin	61.1	61.5	61.2	61.5	60.5	61.8	61.0	61.7	61.4	62.7	62.0	61.5	60.8	60.9	60.4	60.7	61.6	62.2
Andradite	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.6	0.0	0.4	0.0
Grossulaire	14.2	13.7	12.9	13.1	13.2	13.1	12.5	12.1	11.8	12.0	11.9	11.7	12.2	12.5	11.7	12.4	11.1	11.6
Pyrope	21.7	21.4	22.7	22.0	22.8	22.2	23.4	23.5	23.3	22.9	22.9	23.5	24.0	23.0	24.3	24.0	23.9	23.1
Spessartine	3.1	3.4	3.2	3.4	2.9	2.9	2.7	2.7	3.1	2.4	3.0	3.0	3.1	3.3	2.9	2.9	3.0	2.9

échantillon	Migmatite à grenat-disthène - 08.21															
minéral	Grt (coupe longitudinale)															
N° sonde	154	156	158	160	164	166	167	168	169	170	171	172	174	178	179	180
													1b	1b		
SiO2	38.53	38.89	38.94	38.97	38.77	38.48	38.82	38.66	38.42	38.74	38.48	38.61	38.93	38.67	38.52	38.82
TiO2	0.00	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.05	0.04	0.00	0.00	0.05	0.03	0.05
Al2O3	22.42	22.03	21.87	22.24	22.07	21.88	22.07	22.09	22.32	22.05	21.85	22.47	22.16	22.01	21.99	22.21
FeOtot.	29.00	28.10	28.77	28.87	28.26	28.70	28.66	28.80	28.56	28.24	28.59	28.17	28.64	28.81	29.04	29.28
Fe2O3recalc.	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.44	0.00	0.14	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
MnO	1.36	1.25	1.30	1.29	1.08	1.36	1.27	1.18	1.30	1.06	1.07	1.20	1.01	1.12	0.94	1.01
MgO	6.14	6.46	6.51	6.42	6.51	6.58	6.42	6.60	6.55	6.53	6.71	6.80	6.36	6.53	6.57	6.70
CaO	4.07	3.69	3.67	3.69	3.62	3.83	3.71	3.83	3.70	3.62	3.77	3.53	3.47	3.48	3.48	3.55
Na2O																
K2O																
Total	101.53	100.43	101.13	101.49	100.33	101.26	100.97	101.31	100.86	100.30	100.77	100.77	100.58	100.67	100.57	101.65
FORMULE STRUCTURALE																
Si	2.97	3.01	3.01	2.99	3.00	2.98	3.00	2.98	2.97	3.00	2.98	2.97	3.00	2.99	2.99	2.98
Al iv	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.03	0.00	0.02	0.03	0.00	0.01	0.01	0.02
Al vi	2.01	2.01	1.99	2.01	2.02	1.97	2.01	1.99	2.01	2.02	1.98	2.02	2.02	2.00	2.00	2.00
Al total	2.04	2.01	1.99	2.02	2.02	2.00	2.01	2.01	2.04	2.02	2.00	2.04	2.02	2.01	2.01	2.01
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2+	1.88	1.84	1.86	1.87	1.85	1.86	1.86	1.86	1.86	1.85	1.85	1.84	1.88	1.88	1.89	1.88
Mn	0.09	0.08	0.09	0.08	0.07	0.09	0.08	0.08	0.09	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.07
Mg	0.71	0.75	0.75	0.73	0.75	0.76	0.74	0.76	0.76	0.75	0.78	0.78	0.73	0.75	0.76	0.77
Ca	0.34	0.31	0.30	0.30	0.30	0.32	0.31	0.32	0.31	0.30	0.31	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Total	8.01	7.99	8.00	8.00	8.00	8.02	8.00	8.01	8.01	8.00	8.01	8.01	7.99	8.00	8.00	8.01
(O,F) ou Si	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.27	0.29	0.29	0.28	0.29	0.29	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.28	0.29	0.29	0.29
Almandin	61.9	61.9	61.9	62.5	62.3	60.9	62.3	61.3	61.4	62.3	61.1	61.3	63.5	62.7	62.9	62.2
Andradite	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.3	0.0	0.4	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Grossulaire	11.3	10.3	10.1	10.1	10.1	9.4	10.3	10.2	10.3	10.1	9.7	9.8	9.7	9.6	9.7	9.7
Pyrope	23.8	25.0	25.1	24.6	25.2	25.5	24.7	25.5	25.4	25.3	26.0	26.3	24.6	25.2	25.4	25.7
Spessartine	3.0	2.8	2.8	2.8	2.4	3.0	2.8	2.6	2.9	2.3	2.4	2.6	2.2	2.5	2.1	2.2

	Migmatite à grenat-disthène - 08.21																	
	Grt (coupe longitudinale)																	
N° sonde	181	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
SiO2	38.89	38.81	38.74	38.77	38.52	38.47	38.62	39.01	38.62	39.26	38.51	38.65	38.66	38.73	38.71	38.50	38.65	39.34
TiO2	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.03	0.05	0.03	0.01	0.01
Al2O3	21.99	22.22	21.89	22.31	22.25	22.12	22.36	22.23	22.09	22.03	21.91	21.95	22.20	22.19	21.61	22.04	22.25	21.87
FeOtot.	28.80	28.73	28.56	28.83	28.79	28.70	28.43	28.66	28.90	28.95	29.16	29.26	29.70	29.57	29.39	29.57	29.23	29.92
Fe2O3recalc.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03
MnO	1.23	1.00	0.87	0.92	0.90	0.99	0.97	0.89	1.00	1.10	0.99	0.88	1.11	0.70	0.87	0.94	1.07	1.07
MgO	6.68	6.69	6.74	6.82	6.62	6.73	6.68	6.89	6.80	6.66	6.68	6.57	6.47	6.47	6.44	6.45	6.60	6.39
CaO	3.51	3.60	3.57	3.58	3.43	3.69	3.69	3.55	3.58	3.51	3.37	3.44	3.01	3.31	3.33	3.36	3.35	3.28
Na2O																		
K2O																		
Total	101.11	101.08	100.41	101.26	100.53	100.71	100.77	101.27	101.11	101.50	100.76	100.79	101.14	101.00	100.47	100.88	101.16	101.90
FORMULE STRUCTURALE																		
Si	3.00	2.99	3.00	2.98	2.98	2.98	2.98	2.99	2.98	3.01	2.99	2.99	2.99	2.99	3.01	2.99	2.98	3.02
Al iv	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00
Al vi	2.00	2.01	2.00	2.01	2.01	2.00	2.02	2.01	1.99	1.99	1.99	2.00	2.01	2.01	1.98	2.00	2.01	1.98
Al total	2.00	2.02	2.00	2.02	2.03	2.02	2.04	2.01	2.01	1.99	2.00	2.01	2.02	2.02	1.98	2.01	2.02	1.98
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2+	1.86	1.86	1.86	1.86	1.88	1.86	1.86	1.85	1.87	1.87	1.89	1.90	1.93	1.93	1.91	1.92	1.90	1.92
Mn	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07
Mg	0.77	0.77	0.78	0.78	0.76	0.78	0.77	0.79	0.78	0.76	0.77	0.76	0.74	0.74	0.75	0.75	0.76	0.73
Ca	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.31	0.31	0.29	0.30	0.29	0.28	0.29	0.25	0.27	0.28	0.28	0.28	0.27
Total	8.00	8.00	8.00	8.01	8.01	8.01	8.01	8.00	8.01	7.99	8.01	8.00	8.01	8.00	7.99	8.01	8.01	7.99
(O,F) ou Si	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.29	0.29	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.28
Almandin	62.0	62.2	62.1	61.9	62.9	61.5	61.8	61.9	61.6	62.4	62.6	63.2	64.3	64.4	63.7	63.6	62.9	64.0
Andradite	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
Grossulaire	9.7	9.9	9.9	9.9	9.5	10.3	10.2	9.8	9.7	9.7	8.9	9.5	8.3	9.2	9.1	9.4	9.3	9.0
Pyrope	25.6	25.7	26.0	26.2	25.6	26.1	25.8	26.4	26.2	25.5	25.9	25.3	24.9	24.9	25.1	25.0	25.5	24.6
Spessartine	2.7	2.2	1.9	2.0	2.0	2.2	2.1	1.9	2.2	2.4	2.2	1.9	2.4	1.5	1.9	2.1	2.3	2.3

échantillon	Migmatite à grenat-disthène - 08.21																		
minéral	Grt (coupe longitudinale)						Grt				Bt				Pl			Cal	Chl
N° sonde	200	201	203	204	205	206	58	59	60	61	175	176	57	63	208	64	66	62	72
						1a-bord	2a-cœur	2a-interm.	2a-interm.	2a-bord	1b	1b	2a-incl	2b	1a	2c	2c	2b	1c
SiO2	38.92	38.49	38.45	38.65	38.93	38.26	38.52	38.18	38.62	38.31	37.78	38.13	38.28	36.94	63.14	63.22	63.47	0.14	31.37
TiO2	0.04	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.86	1.15	1.04	4.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.03
Al2O3	21.98	21.94	22.07	21.90	21.80	22.09	21.75	21.79	21.91	21.76	15.08	19.24	19.97	17.91	23.31	22.94	23.61	0.00	24.99
FeOtot.	29.70	29.57	29.78	29.72	29.87	30.67	30.23	29.75	29.31	31.74	12.72	10.52	13.02	15.15				0.15	14.52
Fe2O3	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.14	0.00	0.00					0.11	0.01	0.11		9.74
MnO	0.83	0.90	1.06	1.13	1.10	1.40	1.46	1.40	0.79	1.41	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.16
MgO	6.39	6.39	6.07	5.95	5.76	5.12	4.95	4.96	5.51	4.64	10.27	16.65	13.64	10.74	0.00	0.00	0.00	0.02	5.21
CaO	3.47	3.57	3.50	3.65	3.21	3.23	4.30	4.73	4.48	2.56	0.17	0.04	0.06	0.13	4.32	4.37	4.25	54.99	0.35
Na2O											0.16	0.39	0.09	0.07	8.81	8.94	8.85	0.12	0.06
K2O											5.75	8.78	9.44	9.64	0.14	0.18	0.25	0.00	0.27
H2O*											3.71	4.21	4.19	4.05					11.56
Total	101.32	101.06	100.93	101.01	100.70	100.77	101.24	100.94	100.63	100.49	86.63	99.11	99.71	98.65	99.85	99.67	100.59	55.45	98.27
FORMULE STRUCTURALE																			
Si	3.00	2.98	2.98	3.00	3.02	2.98	3.00	2.98	3.00	3.00	6.10	5.43	5.48	5.46	2.79	2.80	2.79	0.00	6.33
Al iv	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	1.90	2.57	2.52	2.54					1.67
Al vi	2.00	1.99	2.00	2.00	2.00	2.02	2.00	1.99	2.01	2.02	0.98	0.66	0.85	0.58					4.44
Al total	2.00	2.00	2.02	2.00	2.00	2.04	2.00	2.01	2.01	2.02	2.87	3.23	3.37	3.12	1.22	1.20	1.22	0.00	6.11
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.12	0.11	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe											1.72	1.25	1.56	1.87				0.00	3.93
Fe3+	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00					0.00	0.00	0.00		1.48
Fe2+	1.92	1.92	1.94	1.93	1.96	2.03	1.97	1.94	1.92	2.12									2.45
Mn	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.09	0.10	0.09	0.05	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
Mg	0.73	0.74	0.70	0.69	0.67	0.60	0.57	0.58	0.64	0.54	2.47	3.54	2.91	2.37	0.00	0.00	0.00	0.00	1.57
Ca	0.29	0.30	0.29	0.30	0.27	0.27	0.36	0.40	0.37	0.21	0.03	0.01	0.01	0.02	0.20	0.21	0.20	1.99	0.08
Na											0.05	0.11	0.02	0.02	0.76	0.77	0.75	0.01	0.04
K											1.19	1.59	1.72	1.82	0.01	0.01	0.01	0.00	0.14
OH*											4.00	4.00	4.00	4.00					16.00
Total	8.00	8.01	8.01	8.00	7.99	8.00	8.00	8.01	8.00	7.99	19.39	20.08	20.01	19.76	4.98	4.99	4.98	2.01	34.22
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	22	22	22	22	8	8	8	6	28
Mg/(Mg+Fe2+)	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25	0.23	0.23	0.23	0.25	0.20	0.59	0.74	0.65	0.56					0.39
Ab															78.0	77.9	77.9		
An															21.1	21.1	20.7		

Or															0.8	1.0	1.5		
Almandin	64.1	63.3	64.4	64.4	66.1	67.9	65.6	64.2	64.4	71.3									
Andradite	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0									
Grossulaire	9.6	9.4	9.7	10.1	9.0	9.1	11.9	12.9	12.5	7.2									
Pyrope	24.5	24.8	23.5	23.0	22.5	20.0	19.2	19.4	21.4	18.3									
Spessartine	1.8	2.0	2.3	2.5	2.4	3.1	3.2	3.1	1.8	3.2									

échantillon	Micaschiste à grena-disthène - 08.22.												
minéral	Grt							Pl		Ms		Bt	
N° sonde	18	19	20	22	23	28	29	32	33	25	27	30	31
	1a-cœur	1a-cœur	1a-interm	1a-interm	1a-bord	2a-cœur	2a-bord	2b	2c	1a	1b	2a-bord	2a-bord
SiO2	38.68	38.89	39.05	39.33	38.31	38.88	38.70	62.21	62.23	47.57	47.50	36.73	37.49
TiO2	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	1.06	1.10	1.64	1.63
Al2O3	22.14	21.75	21.89	22.04	21.90	21.83	21.70	24.21	23.65	34.21	33.85	18.93	18.57
FeOtot.	29.14	29.56	29.56	29.18	31.00	29.84	30.97			1.07	1.24	13.83	14.02
Fe2O3recalc.	0.00	0.09	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00				
MnO	0.43	0.38	0.37	0.63	0.90	0.45	0.66	0.05	0.04	0.00	0.07	0.01	0.01
MgO	6.51	6.46	6.71	6.32	5.60	6.01	5.23	0.00	0.00	1.23	1.46	13.44	13.68
CaO	3.55	3.78	3.79	3.71	3.27	3.98	3.84	5.33	5.24	0.03	0.00	0.06	0.01
Na2O								8.42	8.51	0.97	1.00	0.30	0.29
K2O								0.03	0.02	9.31	9.49	8.39	8.81
H2O*										4.55	4.55	4.05	4.11
Total	100.47	100.92	101.63	101.21	100.99	101.00	101.10	100.25	99.68	99.98	100.23	97.38	98.61
FORMULE STRUCTURALE													
Si	2.99	3.01	3.00	3.02	2.99	3.01	3.01	2.75	2.76	6.27	6.27	5.43	5.47
Al iv	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00			1.73	1.73	2.57	2.53
Al vi	2.02	1.98	1.98	2.00	2.00	1.99	1.99			3.59	3.53	0.73	0.67
Al total	2.02	1.98	1.98	2.00	2.01	1.99	1.99	1.26	1.24	5.32	5.26	3.30	3.19
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.11	0.18	0.18
Fe										0.12	0.14	1.71	1.71
Fe3+	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Fe2+	1.91	1.91	1.90	1.90	2.02	1.94	2.02						
Mn	0.03	0.02	0.02	0.04	0.06	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Mg	0.75	0.75	0.77	0.72	0.65	0.69	0.61	0.00	0.00	0.24	0.29	2.96	2.98
Ca	0.29	0.31	0.31	0.30	0.27	0.33	0.32	0.25	0.25	0.00	0.00	0.01	0.00
Na								0.72	0.73	0.25	0.25	0.09	0.08
K								0.00	0.00	1.57	1.60	1.58	1.64
OH*										4.00	4.00	4.00	4.00
Total	8.00	8.00	8.00	7.99	8.01	7.99	7.99	4.98	4.98	17.87	17.92	19.86	19.97
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	8	8	22	22	22	22
Mg/(Mg+Fe2+)	0.28	0.28	0.29	0.28	0.24	0.26	0.23			0.67	0.68	0.63	0.63
Ab								74.0	74.5				
An								25.9	25.4				
Or								0.1	0.1				
Almandin	64.0	63.7	63.1	64.0	67.1	64.7	67.5						
Andradite	0.0	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0						
Grossulaire	9.9	10.2	9.7	10.3	9.1	11.1	10.7						
Pyrope	25.2	25.0	25.7	24.4	21.8	23.2	20.3						
Spessartine	0.9	0.8	0.8	1.4	2.0	1.0	1.5						

Echantillon	Micaschiste à grenat - 8.23																	
minéraux	Grt (Coupe longitudinale)																	
N° sonde	56 / 3	56 / 4	56 / 5	56 / 6	56 / 7	56 / 8	56 / 10	56 / 11	56 / 12	56 / 13	56 / 14	56 / 16	56 / 17	56 / 18	56 / 19	56 / 20	56 / 22	56 / 23
	2a-bord													2a-cœur				
SiO2	38.50	38.47	38.23	38.84	38.50	38.17	38.29	38.51	38.45	38.11	38.16	38.50	38.31	37.90	38.16	38.05	37.78	37.83
TiO2	0.01	0.02	0.02	0.04	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00
Al2O3	21.54	21.53	21.81	21.64	21.20	21.34	21.11	21.55	21.40	21.54	21.67	21.45	21.33	21.42	21.66	21.38	21.46	21.39
FeO	31.23	30.92	30.21	30.79	30.69	29.88	30.33	29.88	30.59	30.04	30.45	30.39	30.87	30.18	30.81	30.60	30.40	30.24
Fe2O3	0.00	0.20	0.00	0.00	0.13	0.00	0.40	0.00	0.46	0.06	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08
MnO	0.94	0.80	0.84	0.87	0.76	0.92	0.99	0.97	1.02	1.16	1.23	1.36	1.63	1.99	1.89	1.92	2.32	2.30
MgO	4.51	4.86	4.87	4.82	4.60	4.58	4.38	4.22	4.27	4.00	3.67	3.27	2.96	2.74	2.79	2.66	2.76	2.97
CaO	4.29	4.37	4.51	4.41	4.54	4.61	5.04	5.17	5.36	5.69	5.81	6.09	6.06	6.16	5.91	5.99	5.97	5.84
Na2O																		
K2O																		
Cr2O3	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Total	101.02	101.18	100.48	101.41	100.42	99.54	100.57	100.31	101.57	100.63	101.04	101.06	101.30	100.39	101.27	100.60	100.74	100.66
FORMULE STRUCTURALE																		
Si	3.01	3.00	2.99	3.02	3.03	3.02	3.01	3.02	3.00	3.00	2.99	3.02	3.01	3.00	3.00	3.01	2.99	3.00
Al iv	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Al vi	1.99	1.98	2.01	1.98	1.96	1.99	1.96	2.00	1.97	1.99	2.00	1.98	1.98	2.00	2.01	2.00	2.00	1.99
Al total	1.99	1.98	2.01	1.98	1.96	1.99	1.96	2.00	1.97	2.00	2.00	1.98	1.98	2.00	2.01	2.00	2.00	2.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	2.04	2.03	1.99	2.00	2.03	1.99	2.02	1.98	2.02	1.98	2.00	2.00	2.04	2.01	2.04	2.04	2.01	2.01
Fe3+	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Fe2+	2.04	2.02	1.99	2.00	2.02	1.99	2.00	1.98	2.00	1.98	2.00	2.00	2.03	2.01	2.04	2.04	2.01	2.00
Mn	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.07	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.13	0.13	0.16	0.15
Mg	0.53	0.56	0.57	0.56	0.54	0.54	0.51	0.49	0.50	0.47	0.43	0.38	0.35	0.32	0.33	0.31	0.33	0.35
Ca	0.36	0.37	0.38	0.37	0.38	0.39	0.43	0.43	0.45	0.48	0.49	0.51	0.51	0.52	0.50	0.51	0.51	0.50
Total	7.99	8.00	8.00	7.99	7.99	7.99	8.00	7.99	8.00	8.00	8.00	7.99	8.00	8.00	8.00	7.99	8.00	8.00
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.14	0.15
Almandine	68.2	67.1	66.5	66.9	67.2	66.7	66.2	66.6	66.2	65.8	66.6	66.9	67.6	67.2	68.2	68.2	67.0	66.6
Andradite	0.0	0.6	0.0	0.0	0.4	0.0	1.2	0.0	1.3	0.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Grossular	12.1	11.6	12.6	12.4	12.5	13.1	13.1	14.6	13.6	15.8	16.3	17.2	16.7	17.5	16.6	17.0	16.9	16.3
Pyrope	17.7	18.9	19.0	18.8	18.2	18.1	17.3	16.6	16.6	15.6	14.3	12.8	11.7	10.8	10.9	10.5	10.9	11.7
Spessartine	2.1	1.8	1.9	1.9	1.7	2.1	2.2	2.2	2.3	2.6	2.7	3.0	3.7	4.5	4.2	4.3	5.2	5.2

Echantillon	Micaschiste à grenat - 8.23												
minéraux	Grt (Coupe longitudinale)												
N° sonde	56 / 24	56 / 25	56 / 26	56 / 27	56 / 28	56 / 30	56 / 31	56 / 32	56 / 34	56 / 36	56 / 37	56 / 38	56 / 39
													2a-bord
SiO2	38.00	38.08	38.31	38.03	38.29	38.19	38.12	38.03	38.32	38.06	38.21	38.01	37.57
TiO2	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.05	0.18	0.05	0.02	0.02	0.00	0.04
Al2O3	21.29	21.42	21.45	21.91	21.67	21.32	21.37	21.45	21.56	21.53	21.64	21.60	22.76
FeO	30.60	30.38	30.37	30.27	30.05	29.54	30.00	30.43	30.09	30.98	30.17	30.37	30.23
Fe2O3	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00
MnO	2.13	1.75	1.99	1.60	1.59	1.15	1.07	1.06	0.82	0.65	0.79	1.03	0.86
MgO	2.84	3.07	3.07	3.07	3.53	3.76	4.08	3.92	4.33	4.41	4.65	4.67	4.63
CaO	5.94	5.99	5.82	5.75	5.51	5.32	4.97	5.02	4.96	4.84	4.58	4.47	4.47
Na2O													
K2O													
Cr2O3	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Total	101.01	100.69	101.06	100.65	100.65	99.30	99.67	100.09	100.13	100.62	100.08	100.16	100.57
FORMULE STRUCTURALE													
Si	3.00	3.01	3.01	2.99	3.01	3.03	3.01	3.00	3.01	2.99	3.00	3.00	2.93
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07
Al vi	1.98	1.99	1.99	2.02	2.01	2.00	2.00	2.00	2.00	1.99	2.01	2.00	2.03
Al total	1.98	1.99	1.99	2.04	2.01	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.01	2.01	2.10
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	2.03	2.01	2.00	2.02	1.99	1.99	2.00	2.02	2.00	2.05	2.00	2.00	2.02
Fe3+	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Fe2+	2.02	2.01	2.00	2.02	1.99	1.99	2.00	2.02	2.00	2.04	2.00	2.00	2.02
Mn	0.14	0.12	0.13	0.11	0.11	0.08	0.07	0.07	0.05	0.04	0.05	0.07	0.06
Mg	0.33	0.36	0.36	0.36	0.41	0.44	0.48	0.46	0.51	0.52	0.54	0.55	0.54
Ca	0.50	0.51	0.49	0.48	0.46	0.45	0.42	0.42	0.42	0.41	0.39	0.38	0.37
Total	8.00	8.00	7.99	8.00	7.99	7.98	7.99	7.99	7.99	8.00	8.00	8.00	8.03
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mg/(Mg+Fe2+)	0.14	0.15	0.15	0.15	0.17	0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	0.21	0.22	0.21
Almandin	67.2	67.1	67.1	68.1	67.0	67.1	67.3	67.9	67.1	67.7	67.1	66.8	66.9
Andradite	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
Grossulaire	16.2	17.0	16.3	16.3	15.6	15.3	14.1	14.3	14.0	13.2	12.9	12.6	12.7
Pyrope	11.2	12.1	12.1	12.1	13.9	15.0	16.2	15.5	17.0	17.3	18.3	18.3	18.4
Spessartine	4.8	3.9	4.4	3.6	3.6	2.6	2.4	2.4	1.8	1.5	1.8	2.3	1.9

Echantillon	Micaschiste à grenat - 8.23												
minéraux	Grt				Bt		Mu		Pl				
N° sonde	43	44	47	48	42	52	51	56 / 1	41	49	50	54	55
	1a	1b-cœur	1b-interm.	1b-bord	1a	1c	1b	2a	1a	1b	1b	1c	1d
SiO2	38.42	38.48	38.28	38.52	37.30	36.83	46.49	46.98	61.62	61.81	60.80	62.41	61.75
TiO2	0.00	0.02	0.06	0.00	1.67	1.61	1.25	1.09	0.00	0.03	0.05	0.04	0.00
Al2O3	21.93	21.42	21.61	21.75	18.31	17.72	33.16	33.54	24.21	24.80	24.26	24.45	24.71
FeO	30.51	30.35	31.23	31.28	16.08	17.57	1.29	1.31					
Fe2O3	0.00	0.12	0.00	0.30					0.05	0.00	0.08	0.13	0.00
MnO	0.55	1.08	0.79	0.93	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
MgO	3.65	4.77	4.48	4.87	11.99	11.92	1.40	1.30	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
CaO	6.05	4.51	4.37	4.28	0.07	0.00	0.00	0.01	5.53	5.42	5.47	5.63	5.65
Na2O					0.20	0.15	0.82	1.05	8.70	8.47	8.47	8.24	8.71
K2O					8.12	8.56	9.24	9.55	0.04	0.07	0.08	0.07	0.10
Cr2O3	0.01	0.00	0.08	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00					
H2O*					4.05	4.02	4.66	4.72					
Total	101.12	100.74	100.89	101.93	97.80	98.41	98.31	99.59	100.16	100.61	99.22	101.00	100.96
FORMULE STRUCTURALE													
Si	3.00	3.01	3.00	2.99	5.52	5.49	5.98	5.97	2.73	2.72	2.72	2.74	2.72
Al iv	0.00	0.00	0.00	0.01	2.48	2.51	2.02	2.03					
Al vi	2.02	1.98	2.00	1.98	0.72	0.60	3.01	3.00					
Al total	2.02	1.98	2.00	1.99	3.19	3.11	5.03	5.03	1.26	1.29	1.28	1.26	1.28
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.18	0.12	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	2.01	1.99	2.05	2.05	1.99	2.19	0.14	0.14					
Fe3+	0.00	0.01	0.00	0.02					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe2+	2.01	1.99	2.05	2.03									
Mn	0.04	0.07	0.05	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.42	0.56	0.52	0.56	2.65	2.65	0.27	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.51	0.38	0.37	0.36	0.01	0.00	0.00	0.00	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27
Na					0.06	0.04	0.21	0.26	0.75	0.72	0.73	0.70	0.74
K					1.53	1.63	1.52	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Cr	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
OH*					4	4	4	4					
Total	8.00	7.99	8.00	8.01	19.15	19.30	22.29	22.33	5.01	5.00	5.01	4.98	5.02
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	22	22	22	22	8	8	8	8	8
Mg/(Mg+Fe2+)	0.17	0.22	0.20	0.22	0.57	0.55	0.66	0.64					
Ab									73.8	73.6	73.3	72.3	73.2
An									26.0	26.0	26.2	27.3	26.3
Or									0.2	0.4	0.5	0.4	0.5
Almandine	67.6	66.2	68.5	67.2									
Andradite	0.0	0.3	0.0	0.9									
Grossular	16.9	12.4	12.0	11.0									
Pyrope	14.2	18.7	17.5	18.8									
Spessartine	1.2	2.4	1.7	2.1									

échantillon	Micaschiste à grenat (très quartzitique) - 08.30															
minéral	Grt									Bt			Pl			Ilm
N° sonde	35	36	37	38	39	60	61	62	63	34	42	65	40	41	67	66
	1a-cœur	1a-bord	1b-cœur	1b-interm.	1b-bord	2a-cœur	2a-interm.	2a-bord	2a-bord	1a	1b	2a	1b	1b	2c	2b
SiO2	37.85	37.45	38.13	38.11	38.11	37.67	37.90	37.31	37.70	36.86	36.71	36.30	63.20	64.33	61.47	0.00
TiO2	0.09	0.04	0.05	0.09	0.06	0.08	0.09	0.10	0.09	1.56	1.61	1.71	0.00	0.00	0.00	52.01
Al2O3	21.55	21.34	21.40	21.41	21.36	21.75	21.41	21.58	21.38	17.98	17.86	18.06	23.20	23.00	23.76	0.00
FeOtot.	27.80	28.23	26.29	27.01	27.53	27.14	27.44	27.58	27.15	17.78	17.24	16.65				43.78
Fe2O3recalc.	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00				0.00	0.01	0.08	
MnO	2.91	2.08	4.49	4.28	2.91	3.65	3.91	3.37	2.67	0.11	0.11	0.12	0.00	0.00	0.05	1.87
MgO	2.15	2.29	1.89	1.81	2.15	1.96	1.96	2.04	2.16	11.60	11.34	11.88	0.02	0.00	0.03	0.08
CaO	8.07	8.40	7.92	8.14	7.85	7.92	8.07	8.33	8.25	0.00	0.04	0.02	4.44	4.52	4.89	
Na2O										0.18	0.16	0.15	9.09	9.26	9.13	
K2O										8.95	8.90	9.28	0.08	0.05	0.06	0.04
Cr2O3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00				
H2O*										4.04	4.00	4.00				
Total	100.42	99.97	100.18	100.86	99.97	100.16	100.78	100.35	99.41	99.07	97.97	98.14	100.03	101.18	99.47	97.79
FORMULE STRUCTURALE																
Si	2.99	2.98	3.02	3.01	3.02	2.98	3.00	2.97	3.00	5.48	5.51	5.45	2.79	2.81	2.74	
Al iv	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.03	0.00	2.52	2.49	2.55				
Al vi	2.01	1.99	2.00	1.99	2.00	2.02	2.00	1.99	2.01	0.63	0.66	0.64				
Al total	2.01	2.00	2.00	1.99	2.00	2.04	2.00	2.02	2.01	3.15	3.16	3.19	1.21	1.18	1.25	0.00
Ti	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.17	0.18	0.19	0.00	0.00	0.00	1.01
Fe										2.21	2.16	2.09				0.95
Fe3+	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00	0.00	0.00	
Fe2+	1.85	1.88	1.77	1.79	1.85	1.83	1.82	1.83	1.83							
Mn	0.20	0.14	0.30	0.29	0.20	0.24	0.26	0.23	0.18	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04
Mg	0.25	0.27	0.22	0.21	0.25	0.23	0.23	0.24	0.26	2.57	2.53	2.66	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.68	0.72	0.67	0.69	0.67	0.67	0.68	0.71	0.70	0.00	0.01	0.00	0.21	0.21	0.23	
Na										0.05	0.05	0.04	0.78	0.78	0.79	
K										1.70	1.70	1.78	0.00	0.00	0.00	
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
OH*										4.00	4.00	4.00				
Total	8.00	8.01	7.99	7.99	7.99	8.00	8.00	8.01	7.99	19.96	19.91	19.94	5.00	4.99	5.03	6.02
Nbre d'Ox (Si)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	22	22	22	8	8	8	6
Mg/(Mg+Fe2+)	0.12	0.13	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12	0.12	0.54	0.54	0.56				
Ab													78.4	78.5	76.9	

An													21.2	21.2	22.8	
Or													0.5	0.3	0.4	
Almandin	62.1	62.2	59.7	60.2	62.4	61.4	60.7	60.3	61.6							
Andradite	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0							
Grossulaire	22.9	23.6	22.6	23.1	22.5	22.6	22.8	23.8	23.7							
Pyrope	8.5	9.1	7.5	7.2	8.6	7.8	7.7	8.2	8.6							
Spessartine	6.5	4.7	10.1	9.6	6.6	8.2	8.7	7.7	6.1							

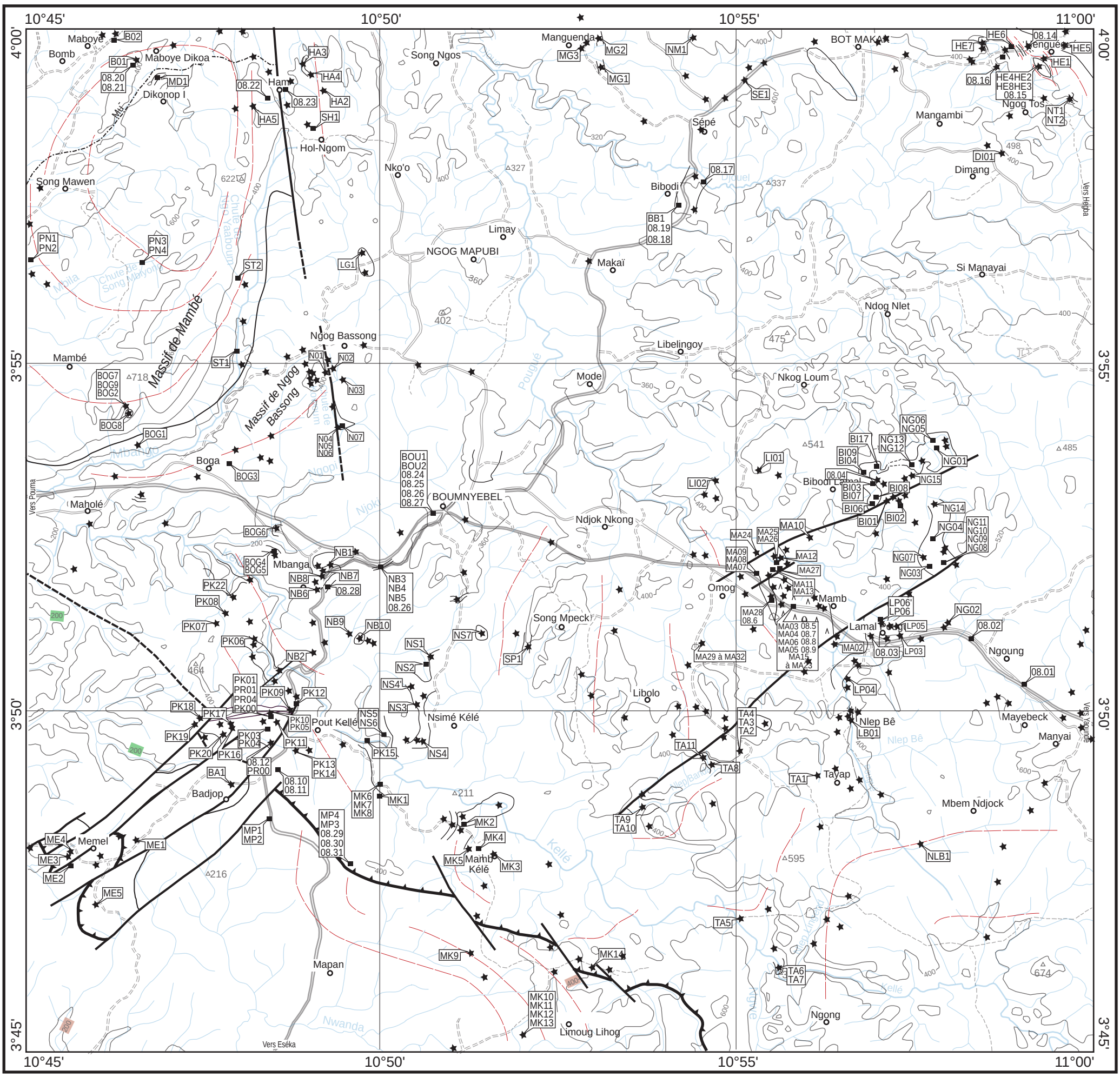


Figure 5. Carte d'affleurement et d'échantillonnage de la région de Boumnyebel.

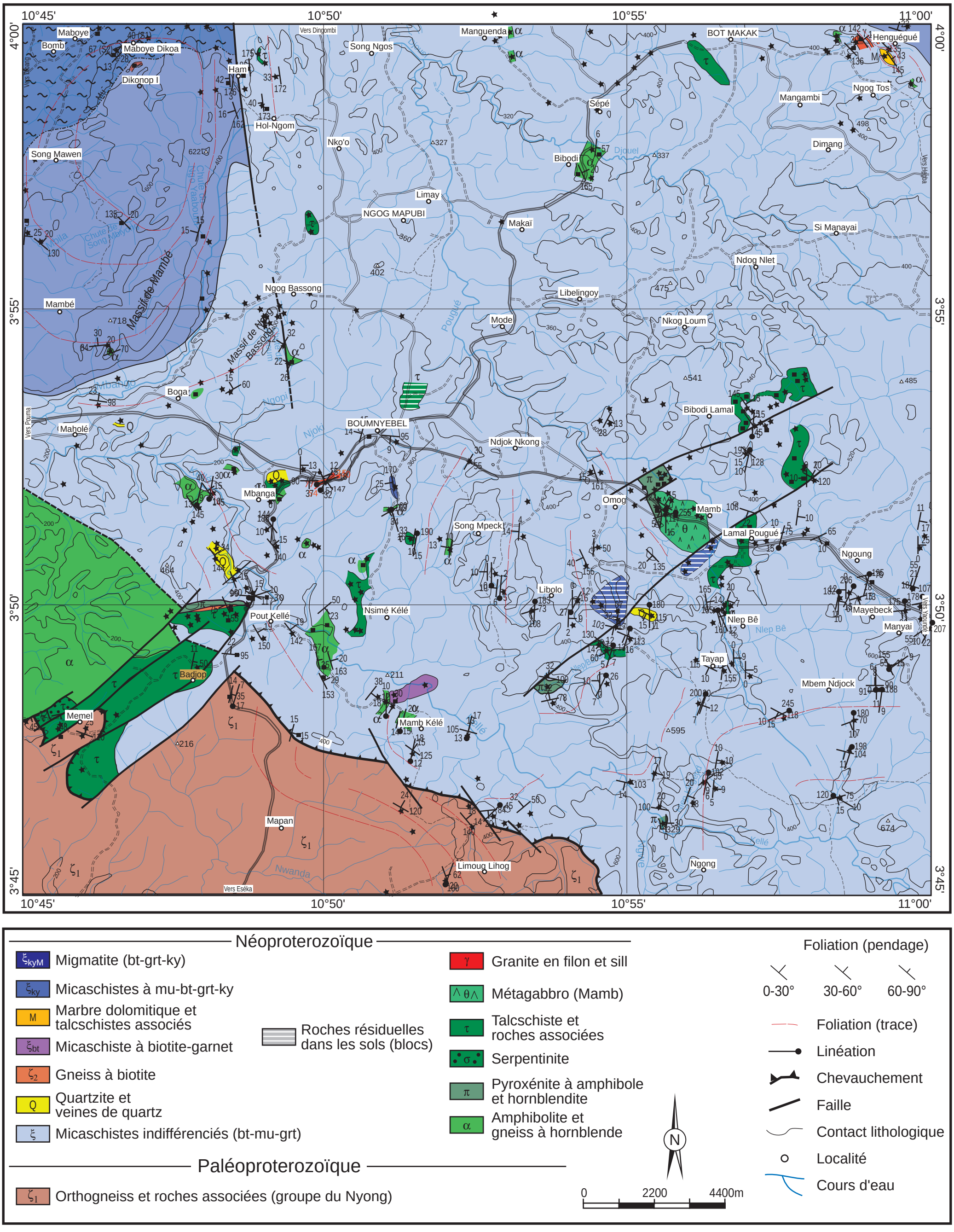


Fig. 6. Carte géologique de la région de Boumnyebel à partir des levers de l'auteur.