

# Géothermométrie comparée des Gneiss archéens du secteur de Biankouma-Touba (Nord-Ouest Côte-d'Ivoire)

**DJRO SAGBROU CHÉRUBIN**

Université de Cocody, UFR-STRM  
22 BP 582 Abidjan 22 – Côte-d'Ivoire  
Fax 225 22 44 35 00

Adresses électroniques : djro@ci.refer.org  
cdjro@yahoo.fr

## I. Introduction

Les gneiss archéens du secteur de Biankouma-Touba situé sur la dorsale de MAN à l'extrémité sud du craton ouest africain (figures 1a et 1b), enregistrent des déformations successives correspondant à des paragenèses minérales différentes.

La géothermométrie basée sur l'équilibre orthopyroxène (OPX) – clinopyroxène (CPX) (Wells, 1977) a été utilisée pour déterminer les

conditions thermodynamiques des épisodes métamorphiques accompagnant certaines phases de déformation.

Quelques résultats issus de cette méthode, sont comparés à ceux qui sont obtenus avec la méthode de Berman (1991) qui prennent en compte l'ensemble des minéraux en équilibre interne dans les roches.

## II. Etude tectonométamorphique

Les analyses microstructurales, sur le terrain, permettent de détecter quatre phases de déformation qui sont, par ordre chronologique, les suivantes (Djro, 1998) :

- l'aplatissement,
- le cisaillement ductile N160 dextre,
- la transpression,
- et le cisaillement fragile N160 semestre.

Seules les paragenèses minérales, comportant le couple OPX-CPX, sont décrites par rapport à l'aplatissement et au cisaillement ductile.

## III. Estimation des variables intensives

Dès les années 60, une relation a pu être établie entre la répartition du  $Fe^{2+}$  et du  $Mg^{2+}$  dans les couples de pyroxènes naturels à l'équilibre et la température régnant dans les roches (Kretz, 1963 ; Wood et Banno, 1977 ; De Dixmude, 1978). C'est sur ce principe qu'est fondée la thermométrie.

L'équilibre interne n'est atteint que si les relations entre les rapports des éléments ( $Fe^{2+}$  et  $Mg^{2+}$ ) présents dans les phases minérales considérées (OPX-CPX) ne varient que de manière linéaire. Cette condition a pu être vérifiée en reportant sur la figure 2a ( $MgO/MgO+FeO$  vs  $SiO_2$ , proportion moléculaire des roches hôtes) et sur la figure 2b ( $XMg$  OPX VS  $XMg$  CPX.). Les rapports des  $XMg$  définissent une droite bien que les protolithes aient des compositions chimiques différentes.

Légendes des figures

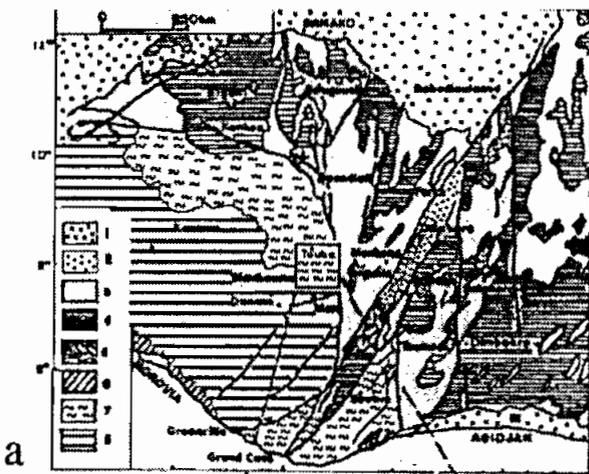
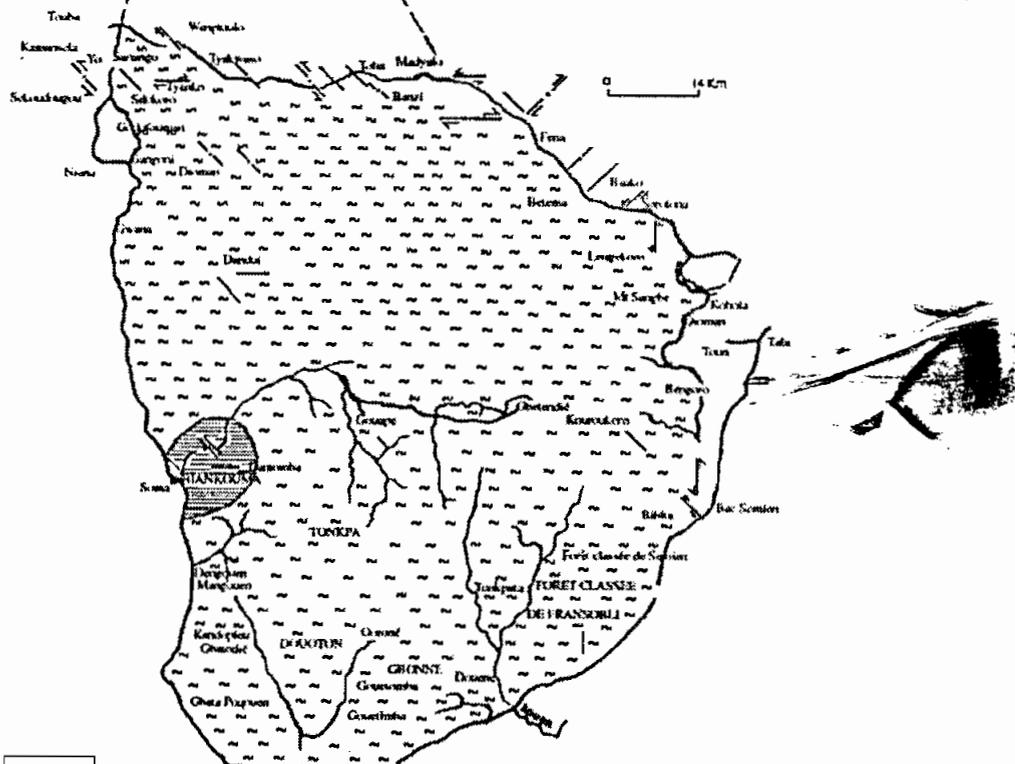
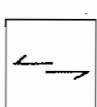


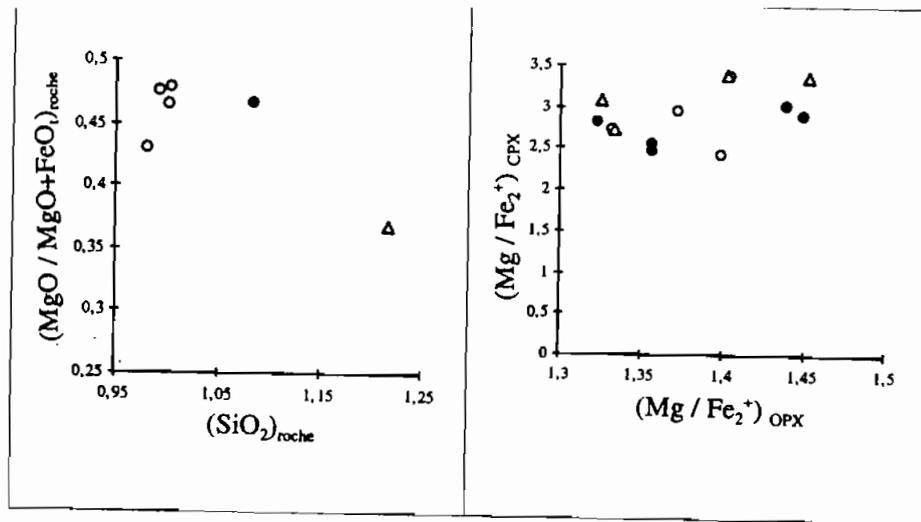
Figure 1a : Carte de localisation du secteur Biankouma-Touba

- 1 = Bassins sédimentaires post-Protérozoïques inférieur
- 2 = Massifs essentiellement leucogranitiques " type Ferke "
- 3 = Granitoïdes indifférenciés
- 4 = Formations volcaniques et sédimentaires métamorphisées au Protérozoïque inférieur (" Birimien ")
- 5 = Gneiss de haut grade au moins en partie protérozoïque
- 6 = Matériel archéen rajeuni au Protérozoïque supérieur (orogénèse panafricaine)
- 7 = Matériel archéen et/ou " dabakalien " repris au Protérozoïque inférieur
- 8 = Matériel archéen non ou peu repris au Protérozoïque inférieur

Figure 1b : Carte géologique schématique



-  Matériel archéen repris au Protérozoïque
-  Matériel archéen non ou peu repris au Protérozoïque inférieur
-  Direction et pendage de la foliation générale
-  Direction et sens de cisaillement.



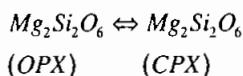
**a** **b**

Figure 2 a :  $(MgO / (MgO + FeO))_{roche}$  vs  $(SiO_2)_{roche}$   
 (ronds vides =gneiss de DANTOMBA et rond plein = gneiss de SOMA (aplatissement),  
 triangle vide=gneiss de MOYANGO (cisaillement N 160 dextre)

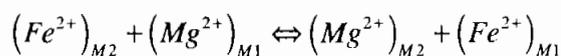
Figure 2 b :  $(Mg / Fe_2^+)_{CPX}$  vs  $(Mg / Fe_2^+)_{OPX}$   
 (ronds vides=OPX-CPX dans le gneiss de DANTOMBA et ronds pleins =OPX-CPX dans le gneiss de SOMA (aplatissement), triangles vides = OPX-CPX dans le gneiss de MOYANGO (cisaillement N 160 dextre)

Selon De Dixmude (1978), l'influence des autres minéraux ferromagnésiens sur les valeurs de Kd (coefficient de distribution de Fe<sup>2+</sup> et de Mg entre OPX et CPX) utilisées dans le thermomètre de Wells (1977) reste négligeable ; de plus, toujours selon De Dixmude dans les associations de OPX-CPX avec amphibole et / ou biotite, les valeurs du Kd sont tout à fait comparables à celles qui sont obtenues pour les roches métamorphiques dont les pyroxènes sont les seuls minéraux mafiques. C'est le thermomètre de Wells (1977) qui a été utilisé dans ce travail.

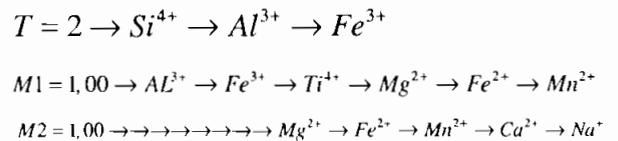
Ce géothermomètre semi-empirique est basé sur la répartition de Fe<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> entre les phases OPX-CPX de l'enstatite à l'équilibre.



Cet équilibre se traduit par une distribution de Fe<sup>2+</sup> et du Mg<sup>2+</sup> dans les sites M1 et M2 de manière suivante :



En effet, le remplissage des sites tétravalent, trivalent, bivalent, pouvant accepter des cations de valence inférieure en cas de déficit des pyroxènes se fait de manière suivante :



à l'équilibre on a :

$$T = \frac{7341}{3,355 + 2,44 X_{Fe}^{OPX} - \ln K} \text{ (Wells, 1977)}$$

où

$$K = \frac{a_{Mg_2Si_2O_6}^{CPX}}{a_{Mg_2Si_2O_6}^{OPX}}$$

(K= constante d'équilibre=Kd, lorsque le mélange du fer et du magnésium dans les phases OPX et CPX est idéal)

$$X_{Fe}^{OPX} = \left( \frac{Fe^{2+}}{Fe^{2+} + Mg^{2+}} \right)_{OPX} \text{ (X=fraction molaire)}$$

$$a_{Mg_2Si_2O_6} = \left( \frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Fe^{2+} + Mn^{2+} + Na^+} \right)_{M2} \cdot \left( \frac{Mg^{2+}}{Fe^{3+} + Fe^{2+} + Al^{3+} + Ti^{4+} + Cr^{3+} + Mg^{2+}} \right)_{M1}$$

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de trois tableaux suivants.

Les deux premiers tableaux sont obtenus avec les couples OPX-CPX liés à l'aplatissement (tableaux 1 et 2).

Tableau 1

Roches	SOMA		DANT7					
Minéraux	OPX 27	OPX0	OPX 36	CPX 35	OPX 40	CPX 41	OPX48	CPX49
Si	1,942	1,929	1,954	1,949	1,973	1,949	1,963	1,956
Aliv	0,058	0,071	0,046	0,051	0,027	0,051	0,037	0,044
	0,006	0,019	0,005	0,033	0,024	0,037	0,012	0,025
Ti	0,003	0,007	0	0,006	0	0,004	0,002	0,003
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe3+	0,047	0,081	0,04	0,0041	0,004	0,049	0,03	0,05
Fe2+	0,789	0,253	0,822	0,257	0,855	0,248	0,811	0,246
Mn	0,044	0,006	0,022	0,006	0,017	0,004	0,019	0,004
Mg	1,084	0,711	1,09	0,719	1,084	0,722	1,096	0,749
Ca	0,027	0,88	0,021	0,902	0,016	0,893	0,021	0,886
Na	0	0,041	0	0,034	0	0,042	0,004	0,037
K	0	0,002	0	0,002	0	0	0,004	
TOTAL	4	4	4	4	4	3,999	3,999	4
X MGI	0,5463	0,6586	0,5444	0,6777	0,5434	0,6773	0,5494	0,694
X MG2	0,5377	0,0538	0,5456	0,0427	0,5406	0,0454	0,5694	0,055
XFe	0,4212		0,4299		0,4409		0,4253	
Kd	0,1207		0,0975		0,1047		0,1263	
T°C	857		817		825		863	

Tableau 2

Roches	SOMA		DANT7					
Minéraux	OPX 50	CPX 52	OPX 55	CPX 56	OPX 47	CPX 46	OPX 26	CPX 27
Si	1,965	1,934	1,971	1,943	1,965	1,927	1,959	1,969
Aliv	0,035	0,066	0,029	0,057	0,035	0,073	0,041	0,031
Aliv	0,011	0,027	0,029	0,031	0,019	0,009	0,009	0,052
Ti	0,001	0,007	0,003	0,008	0,005	0,003	0,001	0,009
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe3+	0,023	0,069	0	0,05	0,011	0,098	0,031	0
Fe2+	0,82	0,285	0,85	0,276	0,819	0,203	0,803	0,297
Mn	0,016	0,01	0,016	0,005	0,02	0,006	0,019	0,01
Mg	1,107	0,704	1,073	0,708	1,093	0,741	1,119	0,716
Ca	0,019	0,853	0,026	0,883	0,029	0,902	0,018	0,915
Na	0	0	0	0,037	0,004	0,039	0	0
K	0,002	0	0,003	0,001	0	0	0	0
Total	3,999	3,999	4	3,999	4	4,001	4	3,999
X MGI	0,5544	0,6385	0,5401	0,6555	0,5516	0,6986	0,5583	0,6637
X MG2	0,5544	0,0662	0,5345	0,054	0,5414	0,0416	0,5607	0,053
XFe	0,4255		0,442		0,4283		0,4178	
Kd	0,1375		0,1225		0,0973		0,1124	
T°C	878		851		818		846	

Pour cette paragenèse liée au cisaillement ductile N 160 dextre la méthode Berman donne  $T^{\circ}\text{C}=750$  pour des  $P=5$  à 6 Kb.

Un troisième tableau est obtenu avec quelques OPX-CPX du faciès granulite à hornblende et almandin liés au cisaillement ductile N160 dextre (tableau 3).

Tableau 3

Roches	MOY1		MOY2									
Minéraux	OPX8	CPX9	OPX2	CPX28	OPX3	CPX31	OPX38	CPX39	OPX23	CPX22	OPX5	CPX52
			9		0						0	
Si	1,981	1,948	1,98	1,932	1,967	1,955	1,962	1,956	1,959	1,903	1,983	1,955
AlIV	0,019	0,052	0,02	0,068	0,033	0,045	0,038	0,044	0,041	0,097	0,017	0,045
AlIV	0,032	0,031	0,027	0	0,018	0,031	0,019	0,024	0,006	0,002	0,033	0,042
Ti	0,001	0,004	0	0,001	0,001	0,004	0,001	0,003	0,001	0,008	0	0,007
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe2+	0	0,056	0	0,16	0,015	0,042	0,017	0,048	0,033	0,125	0	0,022
Fe2+	0,855	0,243	0,821	0,139	0,828	0,235	0,787	0,218	0,801	0,205	0,83	0,262
Mn	0,017	0,02	0,019	0,01	0,021	0,007	0,018	0,006	0,022	0,009	0,017	0,009
Mg	1,071	0,719	1,117	0,759	1,098	0,724	1,143	0,736	1,123	0,697	1,106	0,718
Ca	0,024	0,883	0,014	0,906	0,018	0,922	0,014	0,932	0,015	0,908	0,014	0,905
Na	0	0,043	0,002	0,059	0	0,035	0	0,034	0	0,045	0	0,034
K	0	0	0	0,001	0,001	0	0	0	0	0,001	0	0
TOTAL	4	3,999	4	4,035	4	4	3,999	4,001	4,001	4	4	3,999
XMG1	0,5377	0,6794	0,5608	0,7091	0,5507	0,6968	0,5703	0,7136	0,5603	0,6684	0,5524	0,6806
XMG2	0,5333	0,0404	0,5562	0,0211	0,5479	0,0272	0,5733	0,0216	0,5621	0,0294	0,5536	0,0381
XFe	0,4439		0,4236		0,4299		0,4078		0,4163		0,4287	
Kd	0,0956		0,048		0,0628		0,0471		0,0623		0,0848	
$T^{\circ}\text{C}$	809		716		751		718		754		796	

## IV. Discussion

A l'aplatissement et au cisaillement ductile N 160 dextre, dont la chronologie relative a été établie plus haut, sont reliées respectivement une paragenèse du sous-faciès granulite à pyroxène (OPX-CPX-PLAGIO) dans laquelle il n'y a aucun ferromagnésien hydraté et une paragenèse du sous-faciès granulite à hornblende (OPX-CPX-PLAGIO-HBL-FLUIDE) dans laquelle les phases fluides apparaissent. Ces deux sous faciès sont issus du faciès granulite et sont formés par transition rétro-morphique obtenue par une chute de température sous un régime de pression fluide soutenu.

Ainsi les températures estimées par la méthode de Wells dans le cas de l'aplatissement sont plus élevées que celles qui sont calculées dans le cas du cisaillement ductile N160 dextre. Ces résultats sont donc conformes aux processus

métamorphiques rétrogrades de l'aplatissement au cisaillement ductile N 160 dextre.

Les  $T^{\circ}\text{C}$  selon la méthode de Berman, dans tous les cas, légèrement inférieures, évoluent dans le sens des transformations métamorphiques comme celles obtenues avec la méthode de Wells.

## V. Conclusion

A chacune des deux phases de déformation (aplatissement et cisaillement N160 ductile dextre) est associé un assemblage paragenétique donné comportant des couples OPX-CPX en équilibre. Ces couples ont servi à quantifier les conditions P-T correspondant au cas particulier de minimisation de l'énergie libre du système constitué par les roches dans lesquelles les paragenèses considérées ont des valeurs de G (énergies libres les plus faibles).

Dans un tel domaine poly métamorphique et poly déformé, la quantification précise des conditions thermodynamiques des épisodes métamorphiques rattachés aux diverses phases de déformation s'avère un moyen précieux pour la caractérisation des phases de déformation. Elle fournit des contraintes à la détermination du contexte géodynamique régionale.

## Bibliographie

- **BERMAN, G.R., 1991.** Thermobarometry using multi-equilibrium calculations : a new techniques, with petrological applications, Canadian Mineralogist, vol. 29, pp. 833-855.
  - **DJROS.C.,1998,** Evolutions tectono-métamorphiques des gneiss granulitiques archéens du secteur de Biankouma-Touba (Nord-Ouest Côte d'Ivoire). Thèse d'Etat. Université de Cocody Abidjan.
  - **DE DIXMUDE JACQUES, 1978.** Géothermométrie comparée de roches du faciès granulite du Rogaland (Norvège méridionale). Bulletin de Minéralogie, 101, 57-65.
  - **FRETZ R.,1963.** Distribution of magnesium and iron between orthopyroxene and calcique pyroxene in natural mineral assemblage. Journal of Geology, 71, pp. 773-785.
  - **WELLS, P.R.A., 1977,** Pyroxene thermometry in simple and complex systems. Contribution of mineralogy and Petrology, 62, pp. 129-140.
  - **WOOD B.J. and BANNO S., 1977,** Garnet-Orthopyroxene and Orthopyroxene-Clinopyroxene relationships in simple and complex systems. Contribution of Mineralogy and Petrology, 42, pp. 109-124.
-

**Résumé** Dans les gneiss granulitiques archéens poly métamorphiques et poly déformés, la géothermométrie basée sur l'équilibre orthopyroxène (OPX-clinopyroxène (CPX), a été effectuée.

Les résultats obtenus, sont conformes aux différents degrés du métamorphisme qui sont exprimés par les paragenèses minérales correspondantes.