

## **Etude Pétrographique et Structurale des Granitoïdes du Site du Barrage de Taabo (Centre de la Côte d'Ivoire): Contribution à la Compréhension des Pertes Possibles d'eau du Lac**

**[ Petrographic and structural study of granitoids of the Taabo Dam site (Central Côte d'Ivoire): Contribution to the understanding of possible loss of water from the Lake ]**

***Barthelemy Gnammytchet KOFFI and Gbele OUATTARA***

Département des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi),  
Laboratoire du Génie Civil, des Géosciences et Sciences géographiques,  
Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny,  
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2013 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The analysis of two radar images permits the mapping of following petrographic units: the porphyritic granodiorite of Yamoussoukro, the biotite and hornblende rich granodiorite of Toumodi, the plutono-volcano-sedimentary complex of Fetekro-Divo, the biotite-hornblende metagranite, the biotite granitic orthogneiss. It also allows the mapping of four (4) major fractures. These are: NE to NNE-SSW (ZFET and ZFTaY) fractures, NE-SW (ZFTa and ZFOT) fractures, EW (ZFO and ZFT) fractures and finally NW-SE (ZFTaHO and ZFTY) fractures. On the ground, we have distinguished three petrographic facies: syenogranites, monzonitic granites and microgranites. Six main directions of fractures were identified: sinistral N020°-N030°, dextral N050°-N060°, dextral N080°-N090°, dextral or sinistral N100°-N110°, dextral or sinistral N120°-N140°, and sinistral N160°-N000°. Fractures of submeridional direction (N160° to NS) are the oldest. They are followed by those of N020°-N030° directions which cause foliation well marked and microfolds. N100° to N110° and N120° to N140° directions, which replayed several times, crosscut this foliation. Recent fractures are those of N080° to N100° directions. The relations between certain directions of fractures can promote not only horizontal infiltrations, but also vertical flows. This is for example the case of flow in preferential of North-East, West, Southeast and Southwest directions.

**KEYWORDS:** Petrographic study, structural study, SAR Radar imagery, Taabo dam, flow, infiltration, water losses, central Côte d'Ivoire.

**RESUME:** L'analyse de deux images radar a permis de cartographier les unités pétrographiques suivantes : la granodiorite à texture porphyroïde de Yamoussoukro, la granodiorite à biotite et hornblende de Toumodi, le complexe volcano-plutonono-sédimentaire de Fètèkro-Divo, le metagranite à biotite et hornblende, l'orthogneiss granitique à biotite. Elle permet de cartographier également quatre (4) familles de fractures majeures. Ce sont : les fractures de direction N-E à NNE-SSO (ZFET et ZFTaY), les fractures de direction NE-SO (ZFTa et ZFOT), les fractures de direction E-O (ZFO et ZFT) et enfin les fractures de direction NO-SE (ZFTaHO et ZFTY). Sur le terrain, nous avons distingué trois faciès pétrographiques : syénogranites, granites monzonitiques et microgranites. Six principales directions de fracturation ont été identifiées : N020°-N030° senestre, N050°-N060° dextre, N080°-N090° dextre, N100°-N110° dextre ou senestre, N120°-N140° dextre ou senestre et N160°-N000° senestre. Les fractures de direction subméridiennes (N160° à N-S) sont les plus anciennes. Elles sont suivies par celles de directions N020° à N030° qui occasionnent une schistosité bien marquée et des microplis. Les directions N100° à N110° et N120° à N140°, qui ont rejoué plusieurs fois, viennent recouper cette schistosité. Les dernières fractures sont celles de directions N080° à N100°. Les relations entre certaines directions de fractures peuvent favoriser non seulement des

infiltrations horizontales, mais surtout des écoulements verticaux. C'est par exemple le cas des écoulements dans les directions préférentielles Nord-Est, Ouest, Sud-Est et Sud-Ouest.

**MOTS-CLEFS:** Etude pétrographique, étude structurale, imagerie Radar, barrage de Taabo, écoulement, infiltration, perte d'eau, centre de la Côte d'Ivoire.

## **1 INTRODUCTION**

La Côte d'Ivoire possède un vaste réseau hydrographique avec six (6) importantes retenues d'eau (Ayamé 1 et 2, Kossou, Taabo, Buyo et Fayé) qui ont fait l'objet de plusieurs études [1, 2, 3, 4]. Ces travaux traitent essentiellement des caractéristiques physico-chimiques et biologiques des eaux. Certains travaux ont porté sur l'étude de la granulométrie et la nature des sédiments des fonds des lacs de Buyo et Taabo et sur les problèmes hydro-sédimentaires auxquels ces lacs sont confrontés [5, 6, 7]. Ces travaux montrent en effet que le lac de Taabo pourrait subir des phénomènes de comblement avec célérité par l'apport des particules solides transportés et déposés par les courants fluviaux. Le comblement du lac du barrage a pour conséquence la réduction de sa capacité de stockage d'eau.

En plus de ce problème majeur d'ordre hydro-sédimentologique, un autre aussi est à prendre en considération. C'est que le lac a un substratum géologique. Les caractéristiques intrinsèques ou de nature de ce substratum, à savoir sa pétrographie et son état de fracturation peuvent favoriser des fuites ou pertes d'eau du lac. Ces pertes peuvent se faire par infiltration verticale par les pores et fractures des roches. Elles peuvent également se faire de façon latérale.

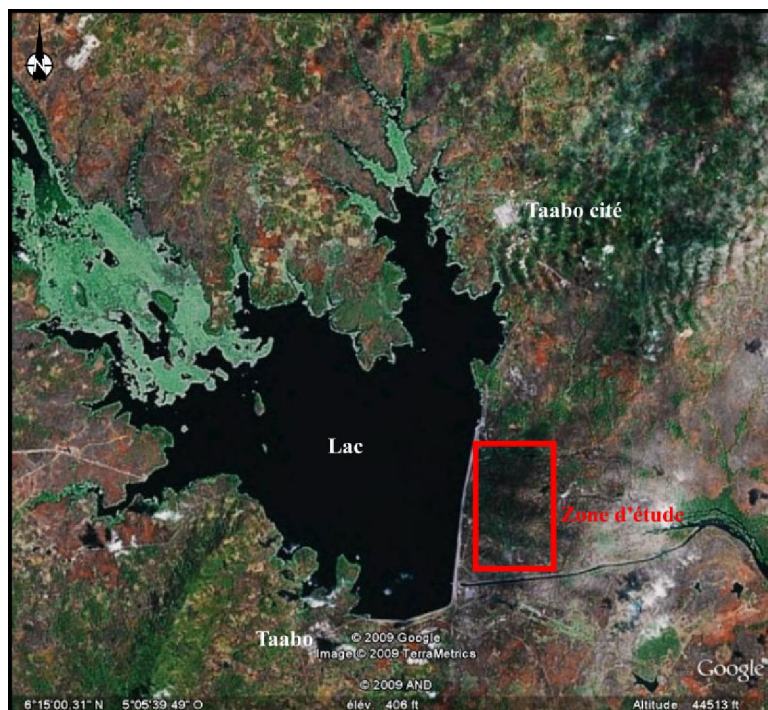
Il s'agit d'une part, à l'aide d'images radar ERS, de cartographier les unités lithologiques et les fractures d'ampleur régionale et d'autre part sur le terrain, de procéder à la description pétrographique et structurale des affleurements. L'analyse de ces différentes données permettra de montrer si le substratum rocheux peut ou pas favoriser les pertes d'eau au niveau du lac.

## **2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

### **2.1 LOCALISATION**

L'aménagement hydroélectrique de Taabo est implanté sur le bras principal du fleuve Bandama à environ 110 km en aval du confluent du Bandama blanc et du Bandama rouge et à environ 120 km au Sud du barrage de Kossou. Il est situé entre 6°10' et 6°20' de latitude Nord et 5°00' et 5°10' de longitude Ouest (Fig. 1).

Construit entre 1975 et 1979, le barrage de Taabo a été mis en service en 1979 [8]. Ce barrage ne dispose pas d'organe de vidange de fond. Le lac de Taabo a une superficie de 69 km<sup>2</sup> et un volume de 625.000.000 m<sup>3</sup> à la cote de retenue normale (124 m). La profondeur maximale est d'environ 30 m. La superficie approximative du bassin versant drainé dans le cadre de l'aménagement hydroélectrique de Taabo est de 58.700 km<sup>2</sup> [7]. Il est situé à 8 km de la cité de Taabo, à 160 km d'Abidjan et à 85 km de la capitale politique Yamoussoukro.



**Fig. 1. Zone d'étude (par Image© 2009 Terra Metrics)**

## 2.2 GEOLOGIE LOCALE ET REGIONALE

La région de Taabo est située essentiellement sur une des rides granitiques du domaine Baoulé-Mossi, précisément sur celle limitée à l'ouest par le sillon volcano-sédimentaire de Fêtèkro-Divo et à l'est par le sillon plutono-volcano-sédimentaire de la Comoé.

La zone étudiée renferme majoritairement des granitoïdes. Selon la carte géologique de Yacé [9], la région est constituée de granitoïdes à structure équante, de granites orientés considérés comme des faciès de bordure, de granites hétérogènes orientés et d'un complexe volcano-plutono-sédimentaire (sillon de Fêtèkro-Divo). Ce complexe est constitué de schistes, grès et quartzites, de brèches métabasiques, de gabbros et de rhyolites. Ces formations géologiques présentent une schistosité régionale de direction NNE-SSO avec un pendage dirigé vers le Sud-Est. Selon la carte la plus récente publiée par la Direction des Mines et de la Géologie [10], la géologie régionale est faite d'une granodiorite à biotite et hornblende de Toumodi, des orthogneiss granitiques à biotite qui affleure à Assounvouè, des métagranites à biotite et hornblende et du complexe volcano-plutono-sédimentaire de Fêtèkro-Divo. Ce complexe est constitué de métagabbro et amphiboles (Mont Taabo), de conglomérats d'Anikro et de Kplessou, de schistes chloriteux dominant sur méta-arénites et de micaschistes.

## 3 MATERIEL ET METHODES

L'étude a débuté par une recherche documentaire. Elle a pour but d'assembler toutes les informations se rapportant au thème d'étude. Elle permet de consigner les généralités sur la géologie (régionale et locale). Après la recherche documentaire, le travail s'est fait d'abord à l'échelle régionale à partir de l'analyse de deux images satellitaires Radar ERS, puis sur le terrain par la description pétrographique et le relevé systématique de toutes les directions de discontinuités affectant les massifs rocheux.

Afin de les rendre exploitables pour l'analyse thématique, les images Radar ont subi divers types d'opérations de prétraitement et traitement. Elles ont été d'abord géoreférencées à l'aide de cartes topographiques au 1:200000 disponibles et ont ensuite subi trois (3) types de traitements numériques. A cause du sens de visée, de l'acquisition séquentielle des lignes de l'image, et à la visée oblique du radar à synthèse d'ouverture, les images ERS sont acquises retournées, et par conséquent non superposables automatiquement à une carte. Il est donc nécessaire de les inverser par effet «miroir» avant toute comparaison. L'image ascendante a subi un retournement Nord-Sud et l'image descendante un retournement Est-Ouest. Nous avons ensuite appliqué un traitement multi-vues sur les images Radar, pour éliminer le scintillement, dû à l'addition de manière cohérente des ondes réfléchies dans un même pixel. Enfin, nous avons effectué un étalement dynamique de l'histogramme, pour améliorer la lisibilité de l'image en répartissant les valeurs radiométriques sur un

intervalle de 256 niveaux de gris. Cela permet l'étirement des contrastes pour augmenter la distribution des tons entre les éléments d'une image. Ce procédé rehausse le contraste dans l'image en pâlisant davantage les régions plus foncées et en assombrissant davantage les régions plus claires.

Les descriptions pétrographiques et structurales ont porté sur plusieurs affleurements et échantillons. Les noms des différents faciès sont donnés à partir du tableau de classification de Streckeisen des roches plutoniques (M<90).

L'étude structurale sur le terrain a consisté à la mesure de la direction et du pendage des plans de fractures, à déterminer leur jeu, la nature du matériel de remplissage et à mesurer la largeur des filons. Enfin, nous avons établi la chronologie relative entre les différentes directions de fracturation.

La synthèse des résultats a été ensuite faite en confrontant les cartes géologiques télé-analytiques aux données pétrographiques et structurales recueillies sur le terrain.

## 4 RESULTATS ET DISCUSSION

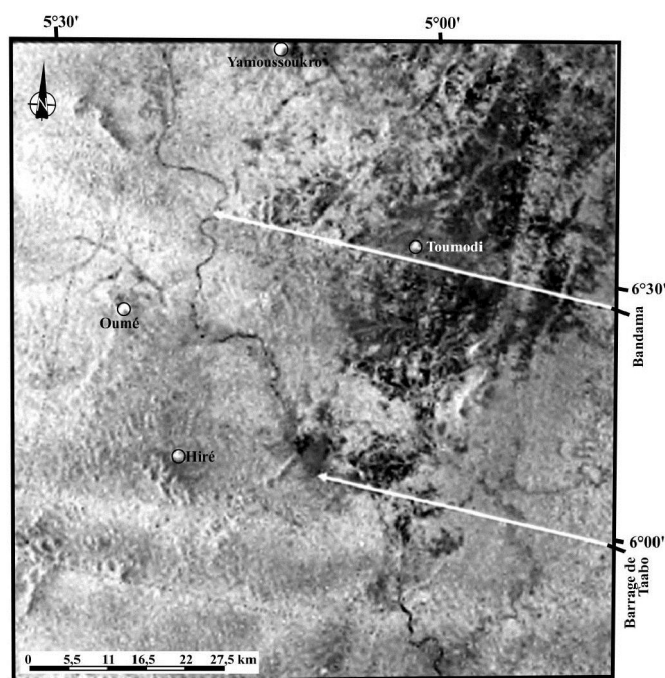
### 4.1 CARTES GEOLOGIQUES TELE-ANALYTIQUES

Les images Radar ERS ont permis de dresser deux cartes géologiques télé-analytiques régionales. Ces cartes mettent en évidence les principales unités pétrographiques et les principales zones de fractures à l'échelle régionale (Fig. 2a et 3a).

L'image Radar en orbite ascendante (visée vers le SSE, Fig. 2a) permet de discriminer les unités lithologiques suivantes (Fig. 8a) : la granodiorite à texture porphyroïde de Yamoussoukro ( $\gamma^4$ ), la granodiorite à biotite et hornblende de Toumodi (GD), le complexe volcano-plutono-sédimentaire de Fètèkro-Divo (CVS), le metagranite à biotite et hornblende ( $\epsilon\gamma^2$ ), l'orthogneiss granitique à biotite.

Elle permet de cartographier également quatre (4) familles de fractures majeures (Fig. 2b). Ce sont : les fractures de direction N-E à NNE-SSO (ZFET et ZFTaY), les fractures de direction NE-SO (ZFTa et ZFOT), les fractures de direction E-O (ZFO et ZFT), et enfin les fractures de direction NO-SE (ZFTaHO et ZFTY)

L'image Radar en orbite descendante (visée vers le SSO) permet la cartographie des unités lithologiques suivantes (Fig. 2b) : la granodiorite à biotite et hornblende de Toumodi (GD), le metagranite à biotite et hornblende ( $\epsilon\gamma^2$ ), l'orthogneiss granitique à biotite ( $\epsilon n^{2-3}$ ), le complexe volcano-plutono-sédimentaire de Fètèkro-Divo (CVS).



**Fig. 2a. Extrait d'image radar ERS de la région de Taabo (orbite ascendante, visée vers le SSE)**

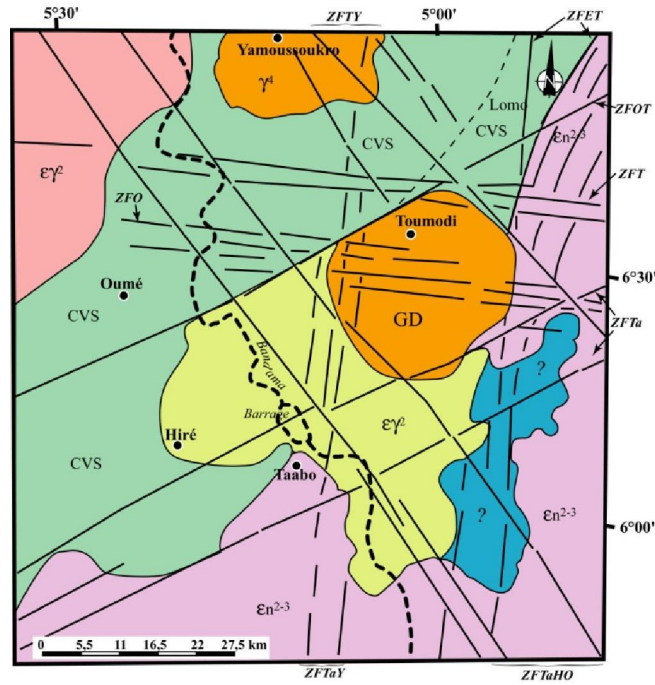


Fig. 2b. Carte géologique télé-analytique obtenue à partir de l'extrait d'image radar ERS de la région de Taabo (orbite ascendante, visée vers le SSE). ZFET : zone de fractures à l'Est de Toumodi ; ZFTaY : zone de fractures de Taabo-Yamoussoukro ; ZFTa : zone de fractures de Taabo ; ZFOT : zone de fractures de Oumé-Toumodi ; ZFO : zone de fractures de Oumé ; et ZFT : zone de fractures de Toumodi ; ZFTaHO : zone de fractures de Taabo-Hiré-Oumé ; ZFTY : zone de fractures de Toumodi-Yamoussoukro. GD : granodiorite de Toumodi ;  $\epsilon\gamma^2$  : metagranite à biotite et hornblende ;  $\epsilon n^{2-3}$  : orthogneiss granitique à biotite ; CVS : complexe volcano-plutono-sédimentaire de Fètèkro-Divo

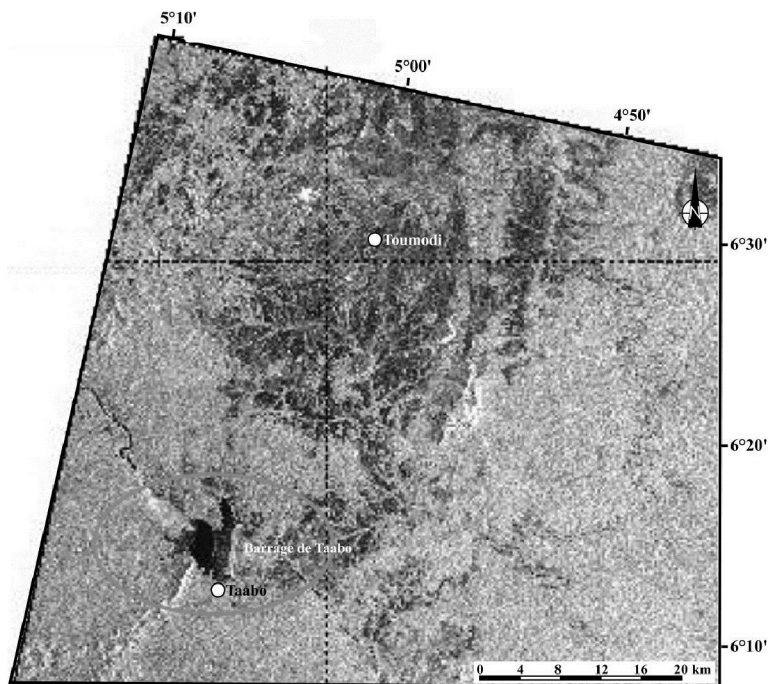


Fig. 3a. Extrait d'image radar ERS de la région de Taabo (orbite descendante, visée vers le SSO)



#### 4.2.2 ETUDE STRUCTURALE SUR LE TERRAIN

Les données structurales recueillies sur le terrain sont compilées sous forme de planches par site. Ainsi, au Site 1, nous avons (Fig. 4) :

**A** : filon de quartz N105°-50°NO recoupe en senestre un autre filon de quartz de direction N025°. L'ensemble est recoupé par une diaclase de direction N125°.

**B** : filon du granite fin (faciès 2) de direction N20° recoupe le faciès principal (faciès 1). On rencontre des enclaves de F1 à l'intérieur du filon F2.

**C** : filon de pegmatite N070°-60°NO recoupé en dextre par une fracture de direction N100°. On remarquera la présence d'une enclave recoupée par le filon de pegmatite.

**D et E** : on a un filon du faciès 2 et un autre de pegmatite recoupés par un filon de quartz de direction N120° avec un jeu senestre.

**F** : Un filon de quartz de direction N020° recoupé par une fracture de direction N150°, l'ensemble est recoupé par une fracture de direction N100° dextre.

Ainsi, le faciès 1 est antérieur au faciès 2 qui est antérieur à un filon de pegmatite de direction N40°. Ce filon de pegmatite est recoupé par une fracture de direction N120° en décrochement senestre. Cette fracture est à son tour recoupée une autre fracture vide sans décrochement de direction N80° et de pendage 70°N.

Sur le Site 2, nous observons sur la Fig. 5 :

**A** : microplissement d'un filon de quartz de façon senestre dans le couloir de cisaillement N020°.

**B** : microplissement d'une enclave sombre de façon senestre dans le couloir de cisaillement N20°.

**C** : aperçu de filonnet de quartz dans la direction du cisaillement N020°. On remarquera un filon de quartz subhorizontal.

**D** : décrochement ductile N100° dextre affectant la schistosité du cisaillement N020°

**E** : décrochement ductile N100° dextre recoupant schistosité N020°. On remarque des microplis de cette schistosité dans le plan vertical.

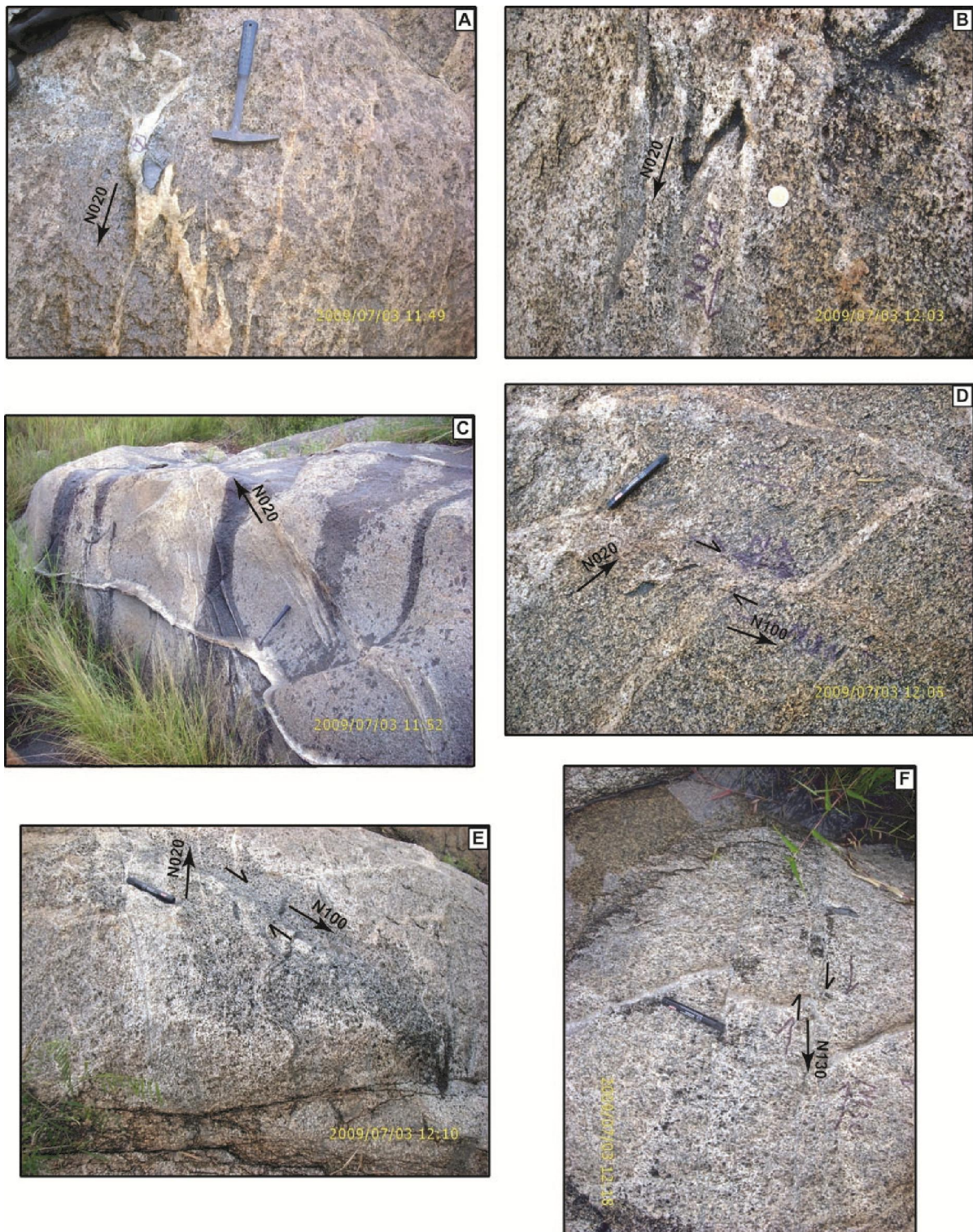
**F** : décrochement N130° dextre.

Nous avons deux filons parallèles de direction N80 qui sont décroché en senestre par deux autres filons de direction N100° et N160°. Les filons N100° et N160° sont du même âge car ils se recoupent sans décrochement et sont postérieure aux filons N080°.



Fig. 4. Photographies montrant quelques faciès du massif et structures au site 1





**Fig. 5. Photographies montrant quelques structures au site 2.**

Sur la Fig. 6 du Site 2, nous avons :

**A et B** : zones de décrochement N130 dextre.

**C** : couloir de décrochement ductile N130 senestre.

**D** : couloir de décrochement ductile N130° à double jeu (senestre et dextre).

**E** : couloir mylonitique N020° (shear-zone) recoupé par des fractures N130° senestre, N100° dextre et N050° dextre.

F : couloir mylonitique N020° dans un filon d'un matériel plus sombre.

Sur la Fig. 7 du Site 2, nous avons :

A : zone de cisaillement N140° senestre recoupant la zone de cisaillement N20° senestre.

B : filon d'aplite N060° recoupant le faciès principal.

C : ramifications du filon précédent.

D : enclave du faciès 1 dans le filon d'aplite. Le dernier est affecté par les fractures N100°.

E : relation entre trois (3) filons. Un filon de quartz subhorizontal est recoupé par un filon d'aplite N160° en faille dextre normale. L'ensemble est recoupé par un autre filon d'aplite en faille inverse.

F : lamination shear-zone d'un filon d'aplite dans la direction N040°.

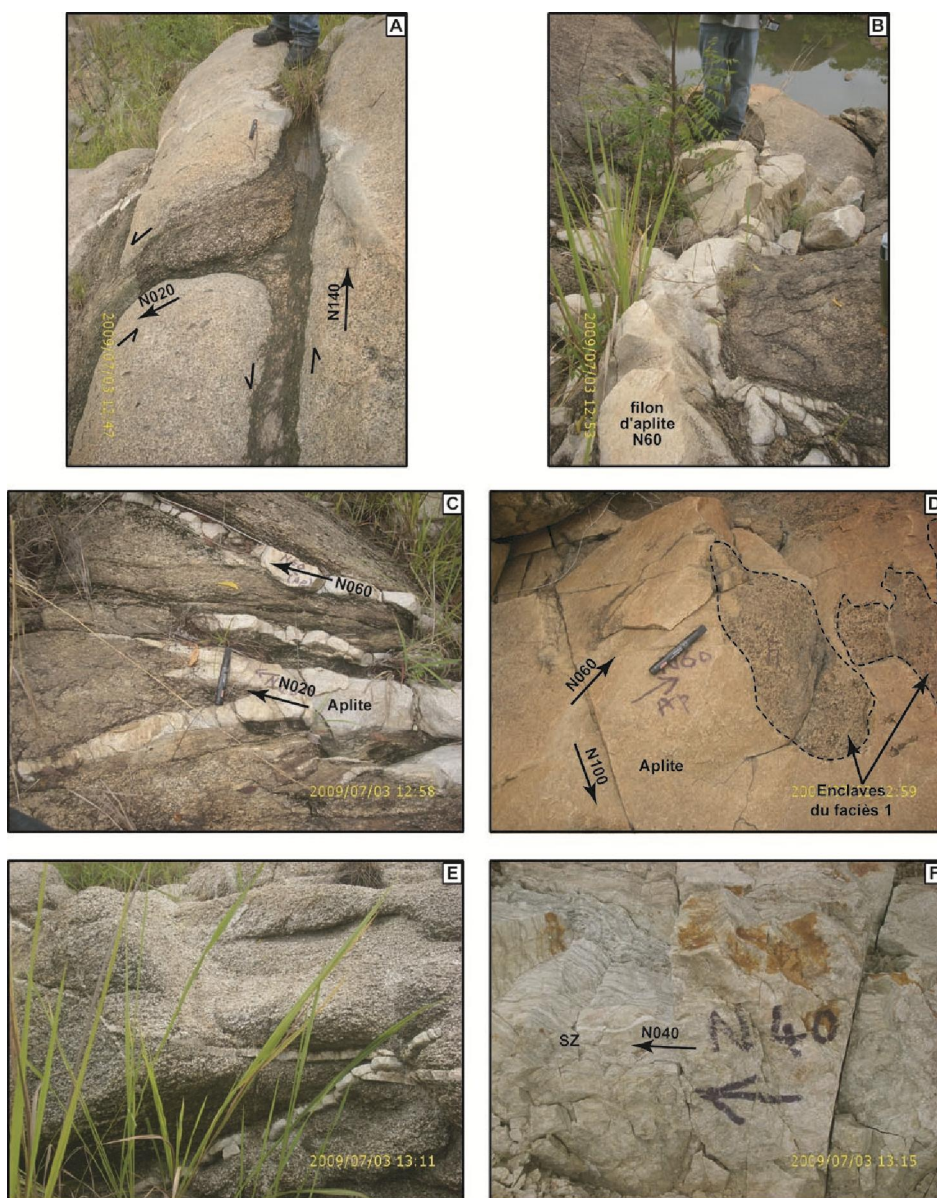
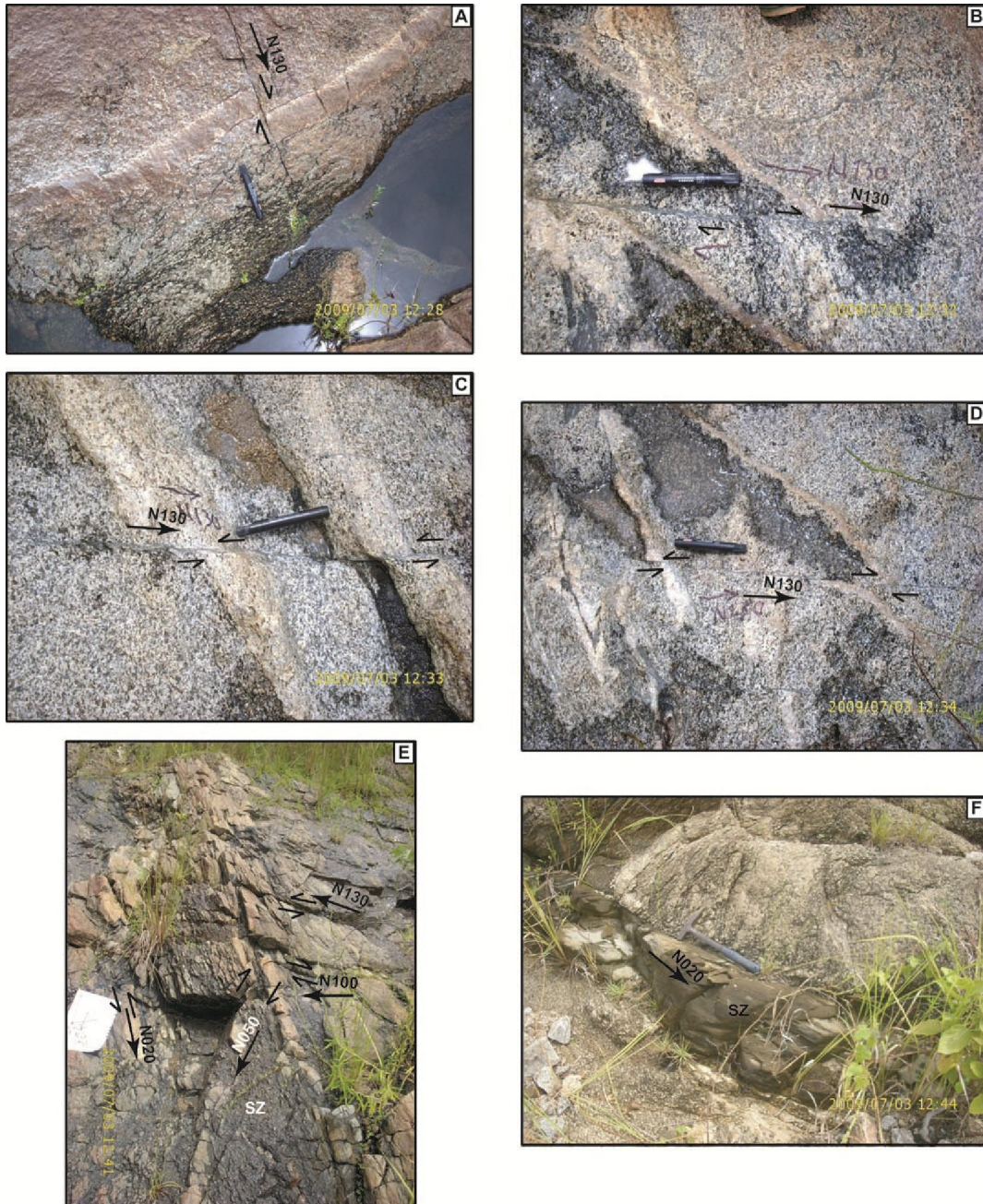


Fig. 6. Photographies montrant quelques structures au site 2



**Fig. 7. Photographies montrant quelques structures au site 2**

L'analyse de la rosace des directions de la fracturation montre six (6) principales directions (Fig. 8). Ce sont :

- la direction entre  $N020^\circ$  et  $N030^\circ$  où nous avons un cisaillement ductile senestre correspondant à une shear zone(SZ). Cette direction est marquée par une schistosité très accentuée ;
- la direction entre  $N050^\circ$  et  $N060^\circ$  où les décrochements sont dextres ;
- la direction entre  $N080^\circ$  et  $N090^\circ$  où la fracturation décroche en dextre. Il est à noter que la direction  $N080^\circ$  correspond quelques fois à des diaclases (sans décrochement) ;
- la direction entre  $N100^\circ$  et  $N110^\circ$  où nous avons soit des décrochements dextres, soit des décrochements senestres. Ceci traduit un rejeu des failles dans cette direction ;
- la direction entre  $N120^\circ$  et  $N140^\circ$  se comporte comme la direction précédente ;
- la direction entre  $N160^\circ$  et N-S est constituée de fractures qui décrochent en senestre.

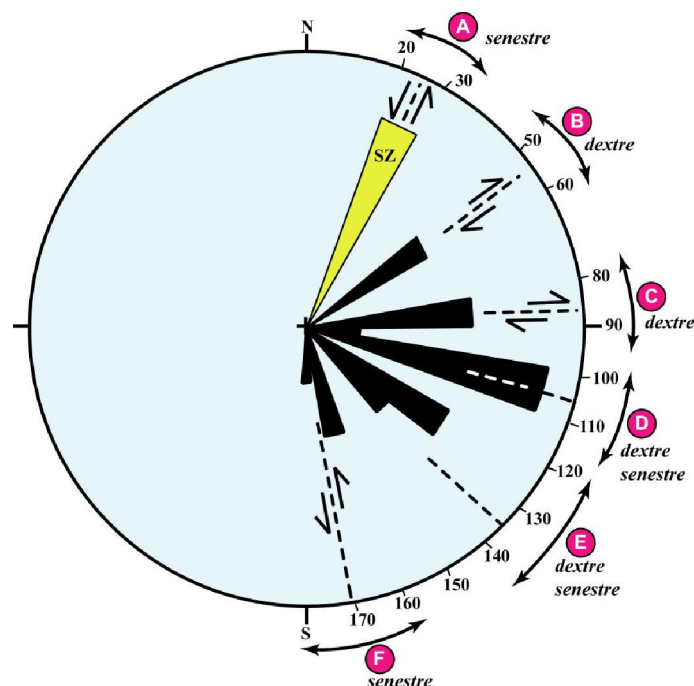


Fig. 8. Rosace des principales directions de la fracturation et leur sens de déplacement

#### 4.3 DISCUSSION

Les données structurales issues de l'étude télé-analytique et pétro-structurale permettent d'établir d'une part la multiplicité des formations à l'échelle régionale et, d'autre part, d'établir une chronologie entre les différentes directions de la fracturation.

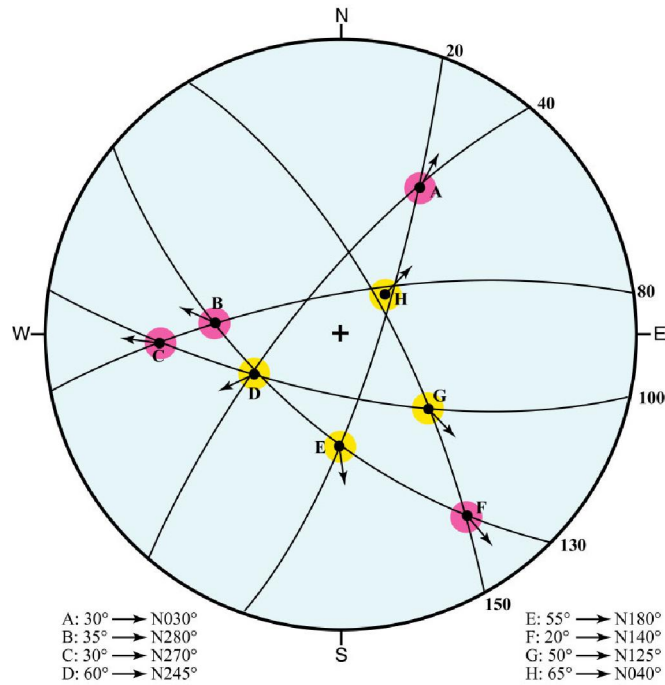
Ainsi, le massif de Taabo est un orthogneiss granitique à biotite contenant en enclaves d'autres faciès granitiques et de nombreux filons d'aprites et quartz. Ce massif est par conséquent hétérogène.

L'ensemble des fractures issues de l'étude télé-analytique et de mesures sur le terrain montre que les fractures de direction subméridiennes (N160° à N-S) sont les plus anciennes. Elles sont suivies par celles de directions N020° à N030° qui occasionnent une schistosité bien marquée et des microplis. Les directions N100° à N110° et N120° à N140°, qui ont rejoué plusieurs fois, viennent recoupées cette schistosité. Les dernières fractures sont celles de directions N080° à N100°.

L'ensemble des données structurales nous permettent de discuter le comportement des différentes fractures. Nous avons représenté sur un stéréogramme (Fig. 9) les principales directions et leurs pendages. Ces directions sont : N020°-65°SE, N040°-70°NO, N080°-70°N, N100°-70°S, N130°-60°SW et N150°-70NE. Quelques intersections ont été choisies pour être par la suite interprétées. Il ressort de cette figure que l'ensemble des fractures occasionnent beaucoup de lignes (intersections entre les plans de fractures) pouvant favoriser une infiltration et un écoulement des eaux. Ainsi, deux principaux types de lignes s'observent :

- les lignes à faible plongement (A, B, C et F),
- les lignes à fort plongement (D, E, G et H)

Ainsi, nous pouvons dire que l'écoulement s'effectue soit horizontalement, soit de façon sub-v verticale selon des directions Nord-Est, Ouest, Sud-Est et Sud-Ouest. Les directions Nord-Est à Sud-Ouest qui coïncident avec la shear zone peuvent être des directions majeures d'écoulement. La direction Sud-Est étant perpendiculaire à la digue du barrage (orientée presque Nord-Sud, voir Fig. 1) peut également favoriser l'écoulement des eaux.



**Fig. 9. Stéréogramme des principales directions de la fracturation**

## 5 CONCLUSION

Ce travail s'est fait d'abord à l'échelle régionale à l'aide de deux images satellitales Radar ERS, puis ensuite à l'échelle locale sur le terrain. L'analyse des deux images radar a permis de cartographier les unités pétrographiques suivantes : la granodiorite à texture porphyroïde de Yamoussoukro, la granodiorite à biotite et hornblende de Toumodi, le complexe volcano-plutono-sédimentaire de Fètèkro-Divo, le metagranite à biotite et hornblende, l'orthoigneiss granitique à biotite. Elle permet de cartographier également quatre (4) familles de fractures majeures. Ce sont : les fractures de direction N-E à NNE-SSO (ZFET et ZFTaY), les fractures de direction NE-SO (ZFTa et ZFOT), les fractures de direction E-O (ZFO et ZFT) et enfin les fractures de direction NO-SE (ZFTaHO et ZFTY). Les travaux sur le terrain ont permis, d'une part, de distinguer dans ce vaste domaine granitique, trois faciès pétrographiques qui sont des syénogranites, des granites monzonitiques et des microgranites et d'autre part, d'identifier six principales directions de fracturation. Ce sont : N020° à N030° senestre, N050° à N060° dextre, N080° à N090° dextre, N100° à N110° dextre ou senestre, N120° à N140° dextre ou senestre et N160° à N-S senestre. Les fractures de direction subméridiennes (N160° à N-S) sont les plus anciennes. Elles sont suivies par celles de directions N020° à N030° qui occasionnent une schistosité bien marquée et des microplis. Les directions N100° à N110° et N120° à N140°, qui ont rejoué plusieurs fois, viennent recoupées cette schistosité. Les dernières fractures sont celles de directions N080° à N100°.

Les relations entre certaines directions de fractures peuvent favoriser non seulement des infiltrations horizontales, mais surtout des écoulements verticaux. C'est par exemple le cas des écoulements dans les directions préférentielles Nord-Est, Ouest, Sud-Est et Sud-Ouest.

Cependant, nous proposons des travaux géotechniques pour quantifier la densité de la fracturation.

## REFERENCES

- [1] C. Reizer, "Aménagement piscicole du lac artificiel d'Ayamé," Centre technique Forestier Tropical, 108 p., 1967.
- [2] T. Kassoum, "Caractéristiques limnologiques du lac de Kossou (Côte d'Ivoire)," Ann. Univ. Abidjan, Côte d'Ivoire, Série E (Ecologie), Tome XII, pp. 30-69, 1979.
- [3] C. Galy-Lacaux, R. Delmas, G. Kouadio, S. Richard, and P. Gosse, "Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions," Glob. Biogeochem. Cycl, 13, pp. 503-517, 1999.
- [4] O.B. Yapo, "Evaluation de l'état trophique du lac de Buyo (Côte d'Ivoire)," Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 296 p., 2002.
- [5] P. Yacé, Z.B. Digbehi, B.C. Sombo, et K. Aka, "Essai de caractérisation sédimentologique et minéralogique et origine des sables aux embouchures des fleuves Sassandra et Bandama (Côte d'Ivoire)," Houille Blanche, 12 p., 1996.
- [6] K.L. Kouassi, A.V-I. Wognin, T. Gnagne, Y.A. N'Go, J-R. Courivaud, P. Kassi, M. Deme, et K. Aka, "Caractérisation des sables et morphologie du fond du lac du barrage hydroélectrique de Taabo," Sciences & Nature, vol. 4, no. 1, pp. 93-103, 2007a.
- [7] K. L. Kouassi, Y.A. N'Go, T. Gnagne, B. Kamagate, N.H. Meledje, and I. Savane, "Improvement of the Assessment Method of the Main Terms of the Hydrological Balance of the Hydroelectric Dam Lakes of Côte D'ivoire in a High Hydropluviometric Fluctuations Context: Case of Taabo Lake," European Journal of Scientific Research, vol. 19, no. 1, pp. 71-84, 2007b.
- [8] Kaisers Engineers and Constructors, "Aménagement hydroélectrique de Taabo : Rapport final de l'aménagement," AFFAIRE, vol. 2, no. 7311, 263 p., 1980.
- [9] I. Yacé, "Le volcanisme éburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne précambrienne de Fettekro en Côte d'Ivoire," Thèse, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 1976.
- [10] Direction des Mines et de la Géologie, "Carte géologique provisoire de la Côte d'Ivoire à l'échelle 1/200 000 : feuille Gagnoa," 1995.