



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Apport de la Cartographie du Régolithe dans la Connaissance de la Géologie de la Zone Nord de Toumodi (Centre de la Côte d'Ivoire)

Gnanzou Allou

Boya Tokpa Kakeu Lionel-Dimitri

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME), Abidjan, Côte d'Ivoire

Coulibaly Inza

Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE), Laboratoire Géosciences et Environnement, Abidjan, Côte d'Ivoire

Koffi N'goran Anicet

Coulibaly Yacouba

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME), Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n33p243](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n33p243)

Submitted: 25 July 2022

Accepted: 26 October 2022

Published: 31 October 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Allou G., Lionel-Dimitri B.T.K., Inza C., Anicet K.N. & Yacouba C. (2022). *Apport de la Cartographie du Régolithe dans la Connaissance de la Géologie de la Zone Nord de Toumodi (Centre de la Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (33),243.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n33p243>

Résumé

La zone nord de Toumodi est située dans la partie sud du sillon de Toumodi-Fètékro, au centre de la Côte d'Ivoire. Cette zone étant fortement latéritisée, une cartographie à partir du régolithe en vue de l'amélioration des connaissances de la géologie de la partie sud du sillon de Toumodi-Fètékro a été initiée. Elle s'est faite grâce à la télédétection et aux données de sondage réalisés dans la zone. Ainsi, il ressort de cette étude que le régolithe de la zone d'étude provient de l'altération supergène des différentes formations géologiques observées et se caractérise par un profond profil d'altération d'épaisseur moyenne d'environ 18 m avec une distribution spatiale de

régolithe relique, d'érosion, de dépôt ainsi que des surfaces affectées par une latéritisation généralisée.

Mots-clés: Côte d'Ivoire, Toumodi, Cartographie, Régolithe, Latéritisation

Contribution of Regolith Mapping to the Geological Knowledge of the Northern Zone of Toumodi (Central Côte d'Ivoire)

Gnanzou Allou

Boya Tokpa Kakeu Lionel-Dimitri

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME), Abidjan, Côte d'Ivoire

Coulibaly Inza

Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE), Laboratoire Géosciences et Environnement, Abidjan, Côte d'Ivoire

Koffi N'goran Anicet

Coulibaly Yacouba

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME), Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

The northern area of Toumodi is located in the southern part of the Toumodi-Fètékro Trench in central Côte d'Ivoire. In order to improve knowledge of the regolith and geology of the southern part of the Toumodi-Fètékro Trench, a regolith mapping study was initiated. This was done using remote sensing and borehole data from the area. Thus, it appears from this study that the regolith in the study area comes from the supergene alteration of the different geological units observed and is characterized by a deep alteration profile with an average thickness of about 18 m with a spatial distribution of relict regolith, erosion, deposition as well as surfaces affected by a generalized lateritization.

Keywords: Côte d'Ivoire, Toumodi, Cartography, Regolith, Lateritization.

1. Introduction

Le 21^{ème} siècle a révélé l’Afrique de l’Ouest comme étant une région minière en plein essor. En effet, elle a enregistré une croissance record de production industrielle d’or de 81% durant ces quinze dernières années (Le Monde, 2018). En 2016, l’Afrique de l’Ouest a produit huit millions d’onces contre neuf millions d’onces pour l’Australie et la Russie et quinze millions d’onces pour la Chine (Le Monde, 2018). Face à un tel potentiel, plusieurs études géologiques ont été menées pour comprendre l’origine de cette minéralisation. Certaines de ces études ont révélé que le craton ouest africain est dominé par des formations d’âge paléoprotérozoïque, Ces formations birimiennes suscitent un grand intérêt pour la recherche minière car elles regorgent la majeure partie des anomalies en or orogénique formées au cours du cycle éburnéen (Milési *et al.*, 1989 ; Le Mignot, 2014). La Côte d’Ivoire possède 35% des formations birimiennes, ces formations couvrent 77,5 % du socle cristallin ivoirien (Yacé, 2002). On y dénombre dix-sept sillons dont celui de Toumodi-Fètékro, l’un des plus prolifiques en ressources minières (Yacé, 2002). En effet, ce sillon situé au centre de la Côte d’Ivoire présente de grandes potentialités en ressources minérales, principalement aurifères. Il encaisse de nombreux gisements dont ceux d’Agbahou (Houssou, 2013), Bonikro (Ouattara, 2015), Dougbafla (Ouattara, 2018) et dans sa partie nord des prospects prometteurs tels que le prospect de Lafigué, en voie d’être une mine dans les prochains mois. Les formations rocheuses de ce sillon sont par endroits recouvertes par de grandes surfaces de régolithe issues de l’altération des roches. En effet, la couverture régolithique est souvent un obstacle à l’exploration minière dans les tropiques en raison des conditions d’affleurement médiocres ou inégales. Ainsi la rareté des affleurements provoquée par la couverture sédimentaire constitue un véritable problème pendant les travaux de cartographie géologique. Cependant, l’interprétation d’une anomalie géochimique de surface dépend de la nature et de l’histoire du régolithe. C’est dans ce contexte que cette présente étude a été initiée en vue de contribuer à l’amélioration des connaissances sur la géologie, notamment sur le régolithe à travers des analyses des données de télédétection, de cartographie, de forage sur les prospects KS015 et de Sinaboisso situés dans la zone nord de Toumodi.

2. Contexte géologique

La Côte d’Ivoire appartient au craton ouest-africain et plus précisément à la dorsale de Man ou dorsale de Léo (**Figure 1**). Elle est constituée d’un socle précambrien qui représente 97,5 % de sa superficie. Ce socle d’âge précambrien comporte un domaine archéen (Kenema-Man) à l’ouest (3600-2500 Ma) et un domaine paléoprotérozoïque (Birimien) également dénommé domaine Baoulé-Mossi à l’est (2500-1800 Ma), séparés

par la faille du Sassandra (Bessoles, 1977 ; **Figure 2**). Les prospectes KS015 et de Sinaboisso sont respectivement situés dans les localités de Zahakro et d’Akoué-Kouadiokro, dans la zone nord de Toumodi, appartenant à la partie sud sillon de Toumodi-Fètékro. La géologie du sillon de Toumodi-Fètékro est connue grâce aux travaux de Yacé (1976, 1982), Lemoine (1985, 1988), Mortimer (1990, 1992, 2016), Leake (1992), Daouda (1998), Houssou (2013), Gnzou (2014), Ouattara (2015), Ouattara (2018) et Coulibaly (2018) (**Figure 3**).

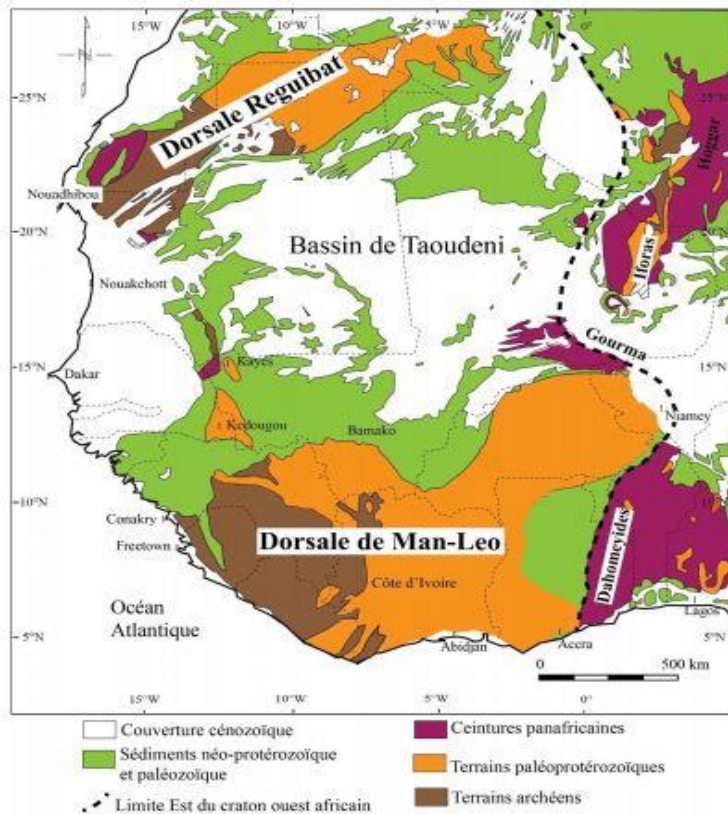
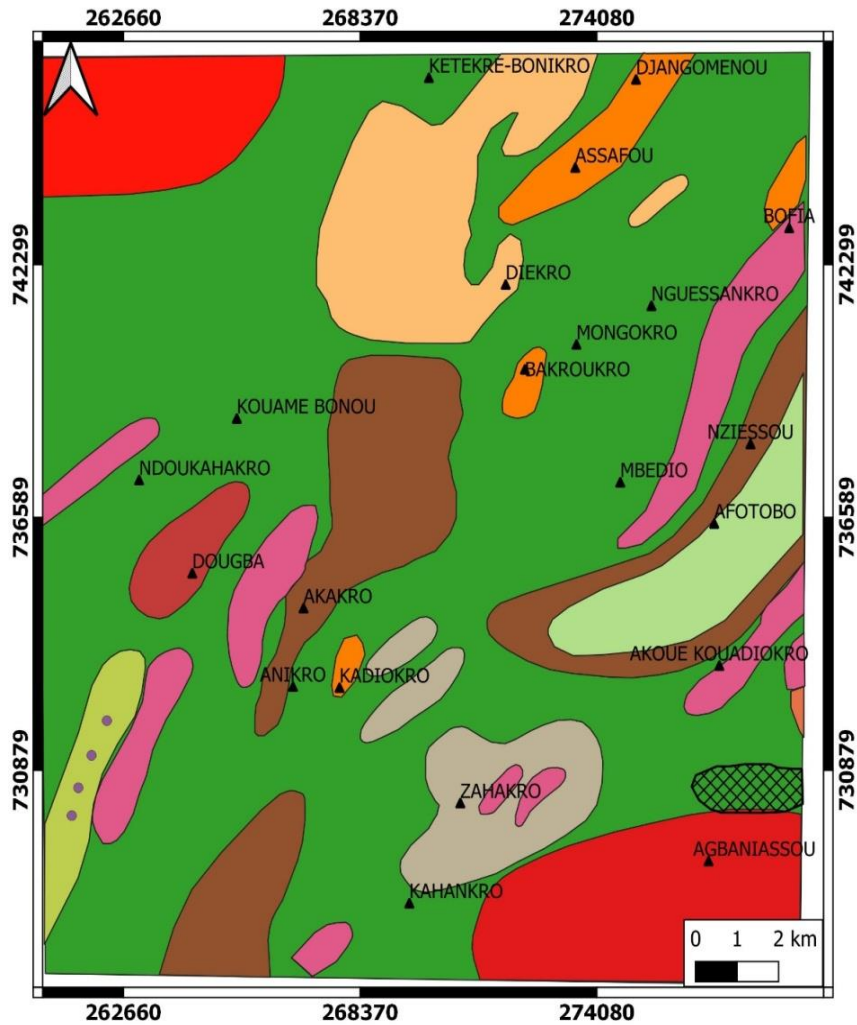


Figure 1. Carte géologique schématique du craton ouest-africain (Berger *et al.*, 2013)

Elle est constituée de roches variées, peu ou moyennement métamorphisées (quartzites, micaschistes, para-amphibolites et schistes amphiboliques). On note également la présence de métapyroxénolites, de métagabbros, d’orthoschistes ou calcoschistes dérivant de laves andésitiques à basaltiques, de dolérites, de tufs, de métarhyolites, de métadacites et des conglomérats associés (Yacé, 1976). Le métamorphisme a atteint le faciès des schistes verts partout, sauf dans les volcanites où se manifeste également le faciès amphibolite; auquel s’ajoute le faciès à cornéennes (à amphiboles), induit par le métamorphisme de contact lié à la mise en place des plutons de granitoïdes. On y rencontre également quelques massifs de granitoïdes de



LEGENDE

- | | |
|-------------------------------------|---|
| ▲ LOCALITES | ■ métagabbros |
| ■ brèches | ■ métarhyolites |
| ● conglomérats et brèches | ■ quartzites, grès (et schistes) |
| ▣ filons et bloc de quartz | ■ roches vertes à carbonates méta andésitiques |
| ■ granitoides type orienté homogène | ■ roches vertes à structures initiales effacées |
| ■ granitoides | ■ roches vertes à carbonates |
| ■ métadacites | ■ schistes |
| ■ métadolerites | |

Figure 3. Carte géologique de la zone nord de Toumodi
 (extraite de la carte au 1/200000 de la région de Toumodi de Yacé, 1976)

3. Méthodologie

La méthodologie employée dans le cadre de ce travail a commencé par une approche globale puis elle a continué par une approche spécifique donc détaillée et plus ciblée. L'élaboration de la carte du régolithe implique la collecte, l'interpolation et la compilation de données. La collecte de données consiste en une analyse d'images de télédétection et un travail de terrain.

- **Télédétection**

Dans cette étude, le Modèle Numérique d'Élévation (MNE) de type STRM (Shuttle Radar Topography Mission) et Landsat 8 ont été utilisés. Ces données ont été traitées et interprétées à l'aide du logiciel ENVI 5.2 et Global mapper 21.0. Le relief issu du MNE STRM a été utilisé comme substitut du régolithe dans cette cartographie car les limites du relief y sont généralement plus nettes. Les caractéristiques du paysage représentant le haut et bas-relief ont été compilées et interpolées à partir du MNE SRTM. Les paysages à haut relief ont été assignés à une classe de polygones pour représenter les environnements résiduels. Les paysages de bas-relief ont été assignés à une classe de polygones pour représenter les environnements de dépôt. En ce qui concerne l'étude lithostructurale, nous avons utilisé les données des anciens travaux déjà réalisés dans la zone.

- **Travaux de terrain**

Il s'agit d'une enquête de suivi sur le terrain afin de valider la compilation et les interpolations effectuées lors de l'analyse des images. Les travaux de validation menés sur le terrain ont permis de discriminer les différentes unités du régolithe mises en évidence par les compositions colorées appliquées sur les ACP. Par la suite, cent dix-neuf (119) sondages RAB (Rotative Air Blast) ont été effectués dont vingt-huit (28) sur le prospect de SINABOISSO, répartis sur trois (3) sections de sondages, et quatre-vingt-onze (91) sur le prospect KS015 et répartis sur sept (7) sections de sondages (**figure 4 et 5**). En effet, ces données de sondages RAB effectués ont été utilisées pour mieux mettre en évidence l'épaisseur moyenne du régolithe. Une carte non-génétique dérivée des données de vérité au sol basées sur les distributions spatiales des différentes unités de cartographie du régolithe enregistrées a été élaborée pour un bon échantillonnage (**figure 6**).

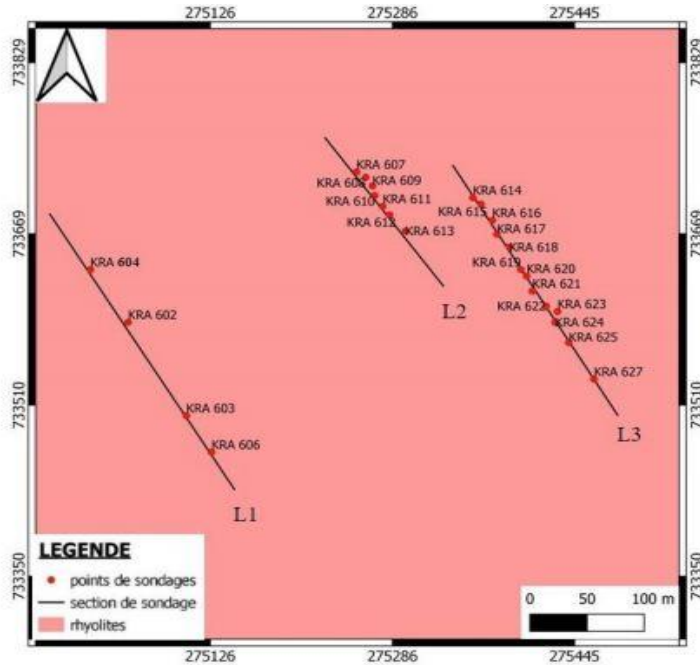


Figure 4. Carte géologique et section de sondage du prospect de SINABOISSO

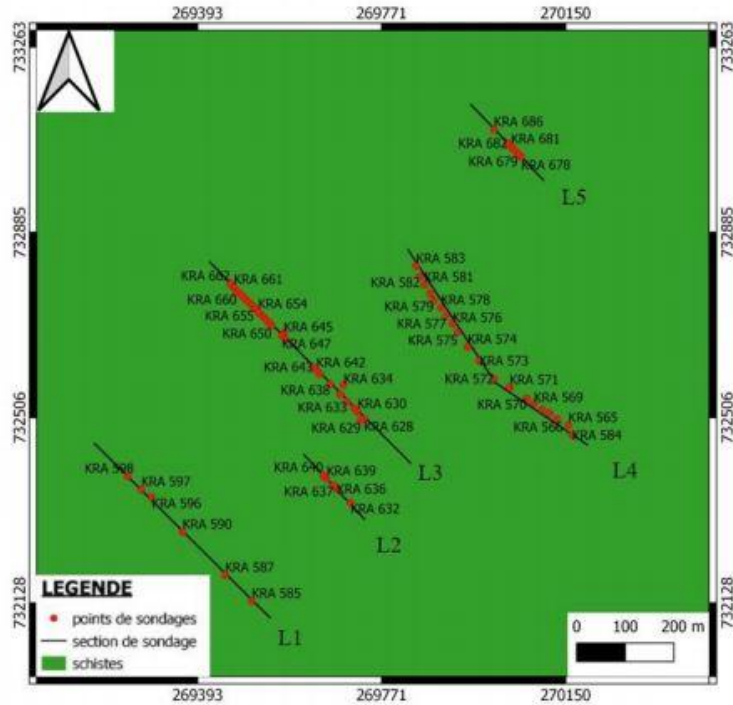


Figure 5. Carte géologique du prospect KS015 montrant les sections de sondage

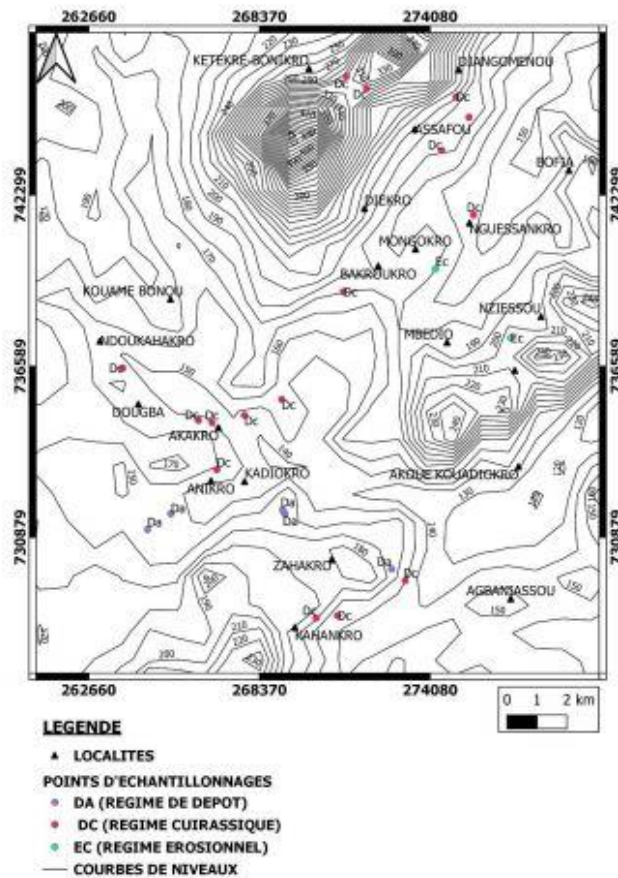


Figure 6. Carte d'échantillonnage montrant les différents régimes du régolithe

4. Résultats

4.1. Cartographie de régolithe

Les compositions colorées appliquées sur les Analyses en Composante Principale (ACP) des bandes 1, 3 et 5 ont donné le meilleur résultat (Figure 7). Ces compositions colorées ont permis d'avoir des informations sur les formations superficielles et la distribution spatiale des différentes unités du régolithe. Les travaux de validation menés sur le terrain ont permis de discriminer les différentes unités du régolithe mises en évidence par les compositions colorées appliquées sur les ACP. Ainsi, plusieurs types de régolithe ont été mis en évidence dans la zone d'étude.

- **Régime de dépôt**

Ce régime présente des matériaux régolithiques variables composés de pisolithes et de sable friable. Le dépôt s'effectue majoritairement dans la partie sud du prospect KS015, précisément à Zahakro, Kahankro et à Anikro. Dans ces différents endroits, le dépôt est dominé par le sable. Ainsi, retrouvons nous un sol sablo-argileux à Zahakro, l'échantillon de sol (RG19) prélevé en

bordure de route présente un taux d'humidité élevé et une couleur grise à jaune verdâtre. A Anikro, les échantillons de sol (RG17 et RG24) prélevés non loin d'un champ de banane au pied d'une colline ont une couleur noire (**Figure 8 A**). Néanmoins, on note la présence de gravillons de taille variable dans les différents dépôts de sable.

- **Régime cuirassique**

Deux faciès de cuirasse ont été observés dans la zone d'étude. Il s'agit du faciès ferrugineux et le faciès alumino-ferrugineux. Sur le terrain, les deux faciès se différencient par leur couleur et le degré d'induration. On retrouve par endroits des cuirasses sous forme de plateau cuirassique. Les cuirasses ferrugineuses s'observent un peu partout. L'échantillon RG02 prélevé à Dougba et l'échantillon RG05 prélevé à Konan-Kokrenou sont constitués de cuirasse de couleur rouge. L'échantillon RG05 a été prélevé non loin de la route. Dans ces échantillons, la teneur en oxyde de fer est très élevée (**Figure 8 B**). On retrouve la cuirasse alumino-ferrugineuse au nord-est de la zone d'étude, précisément à Assafou, près du Mont Diedka. Ces cuirasses sont de couleur grise avec une teneur en magnésium élevé.

- **Régime érosionnel**

Le régime érosionnel occupe la majeure partie de la zone d'étude. Sur la zone d'étude, on observe une multitude d'affleurements qui résulterait de l'action de l'érosion. Néanmoins, l'érosion est plus intense sur les flancs de colline, notamment à Assafou où on retrouve par endroits les traces d'écoulement d'eau mettant à nu la roche sous-jacente (**Figure 8 C**).

4.2. Données de sondage

La compilation des données de sondage effectué dans la partie sud de la zone d'étude, précisément au nord de Zahakro sur le prospect KS015 et à Akoué-Kouadiokro sur le prospect de SINABOISSO, a permis de mettre en évidence l'épaisseur moyenne du régolithe. Les forages effectués dans ces zones montrent que l'épaisseur du régolithe est en moyenne d'environ 18 m. Néanmoins par endroits, dans les environnements de dépôt, on retrouve des épaisseurs avoisinant les 50 m.

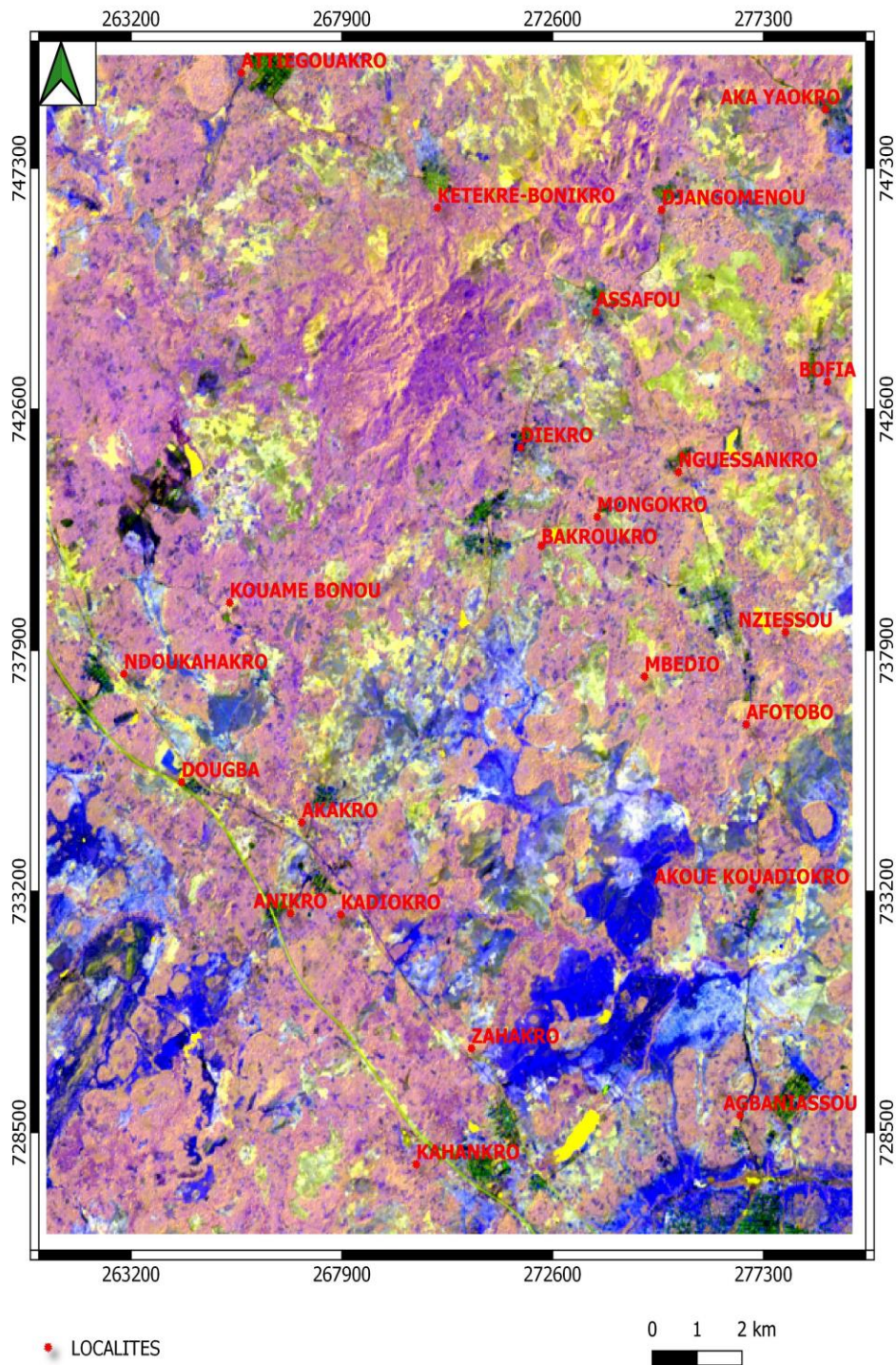


Figure 7. Carte télanalytique de la zone nord de Toumodi



Figure 8. Images des différents régimes du régolithe
A : régime de dépôt ; B : régime cuirassique ; C : régime érosionnel

4.2.1. Prospect de SINABOISSO

L'épaisseur moyenne du régolithe sur ce prospect est d'environ vingt-sept (27) m. Une section de sondage a été réalisée (section L1) (**figure 9**). Les correspondances lithologiques faites à partir des sondages ont permis de mettre en évidence plusieurs lithologies, à savoir la latérite, l'argile mafique, la saprolite et le basalte (roche mère). Ces différentes lithologies sont traversées des veines de quartz. Sur la section réalisée, l'épaisseur du régolithe varie entre 48 à 50 m.

4.2.2. Prospect KS015

L'épaisseur moyenne du régolithe sur le prospect de KS015 est d'environ quinze (15) m. Sur ce prospect, deux (2) sections (L5 et L1) ont été considérées pour cette étude. Le choix des sections s'est basé sur la position géomorphologique des sections. En effet, la section L5 se trouve au haut versant et la section L1 au bas versant. Ces deux sections encadrent les autres sections.

• **Section L 5**

La section L5 (**figure 10**) comprend sept (7) sondages. Les sondages ont intercepté des lithologies telles que : la latérite, l'argile felsique, la saprolite et le schiste felsique (roche mère). Ces formations sont traversées par un filon de quartz, excepté la latérite. Sur la section L5, l'épaisseur du régolithe varie de trois (3) à neuf (9) m.

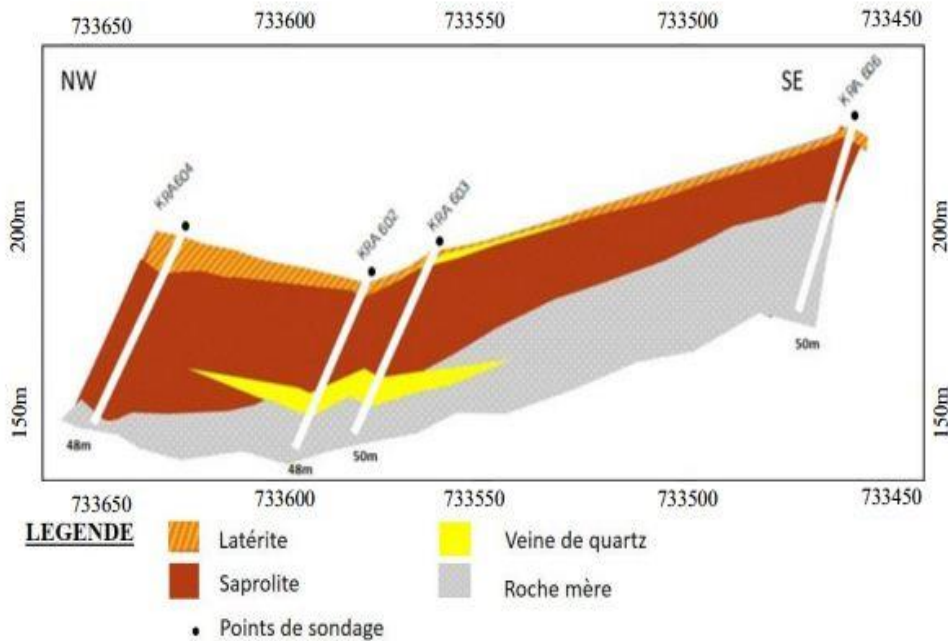


Figure 9. Section de sondage du layon L1 de Sinaboisso

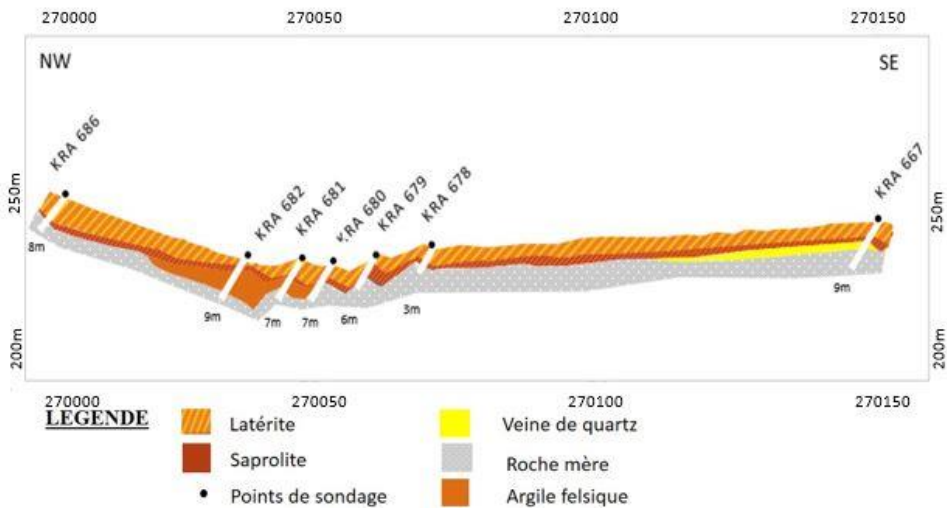


Figure 10. Section de sondage du layon L5 de KS015

- **Section L1**

La section L1 (**figure 11**) comprend six (6) sondages. Les corrélations lithologiques entre ces sondages ont permis de relever la présence de cinq lithologies à savoir la latérite, la saprolite, l'argile mafique, l'argile felsique et le schiste mafique (roche mère). Sur cette section l'épaisseur du régolithe varie de huit (8) à trente neuf (39) m.

Les variations d'épaisseurs du régolithe observées d'une zone à l'autre, sont dues à la géomorphologie des terrains. En effet les terrains situés à des positions topographiques élevées sont généralement érodés par les eaux de ruissellement et déposés dans les bas versants. Cela explique pourquoi l'épaisseur du régolithe observé au niveau de la section L1 est plus grande que celle observée au niveau de la section L5.

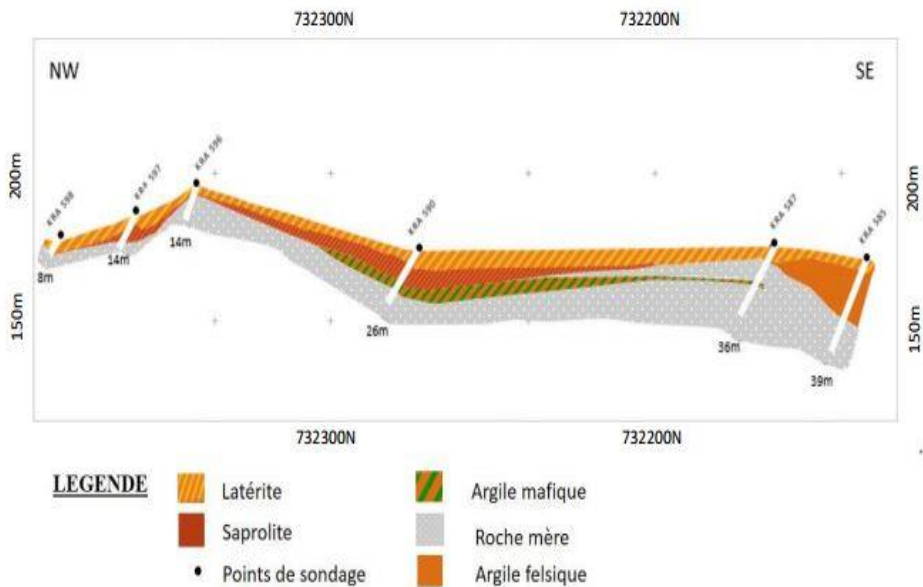


Figure 11. Section de sondage du layon L1 de KS015

4.3. Carte du régolithe

Les résultats des travaux de validation menés sur le terrain couplés aux résultats de télédétection ont permis la réalisation de la carte du régolithe. La compilation de ces données a été possible grâce au logiciel QGIS 3.10. Le régolithe de la zone d'étude se caractérise par un profond profil d'altération, atteignant souvent cinquante (50) m dans les environnements dépositionnels avec une distribution spatiale de régolithe relique, d'érosion, de dépôt ainsi que des surfaces affectées par une latéritisation généralisée (**figure 12**). Dans la zone d'étude, la plupart des parties du paysage s'élèvent entre cent (100) et deux cent cinquante (250) mètres au-dessus du niveau moyen de la mer. Dans ces endroits, on retrouve généralement le régolithe de cuirasse. Les zones de basse altitude sont caractérisées par un dépôt issu du démantèlement des

paysages de haut relief. Sur les pentes douces on retrouve des couvertures de fines couches de colluvions qui sont entrecoupées d'alluvions, par endroits au bas versant, à la base des pentes. La zone d'étude est dominée par une topographie généralement basse, ondulée avec des collines isolées au sud et au centre-est. Des latérites formées à partir d'unités résiduelles de régolithe sont présentes sur les hautes terres isolées. Le régolithe de dépôt se trouve généralement dans les zones de basse altitude et autour des bassins versants.

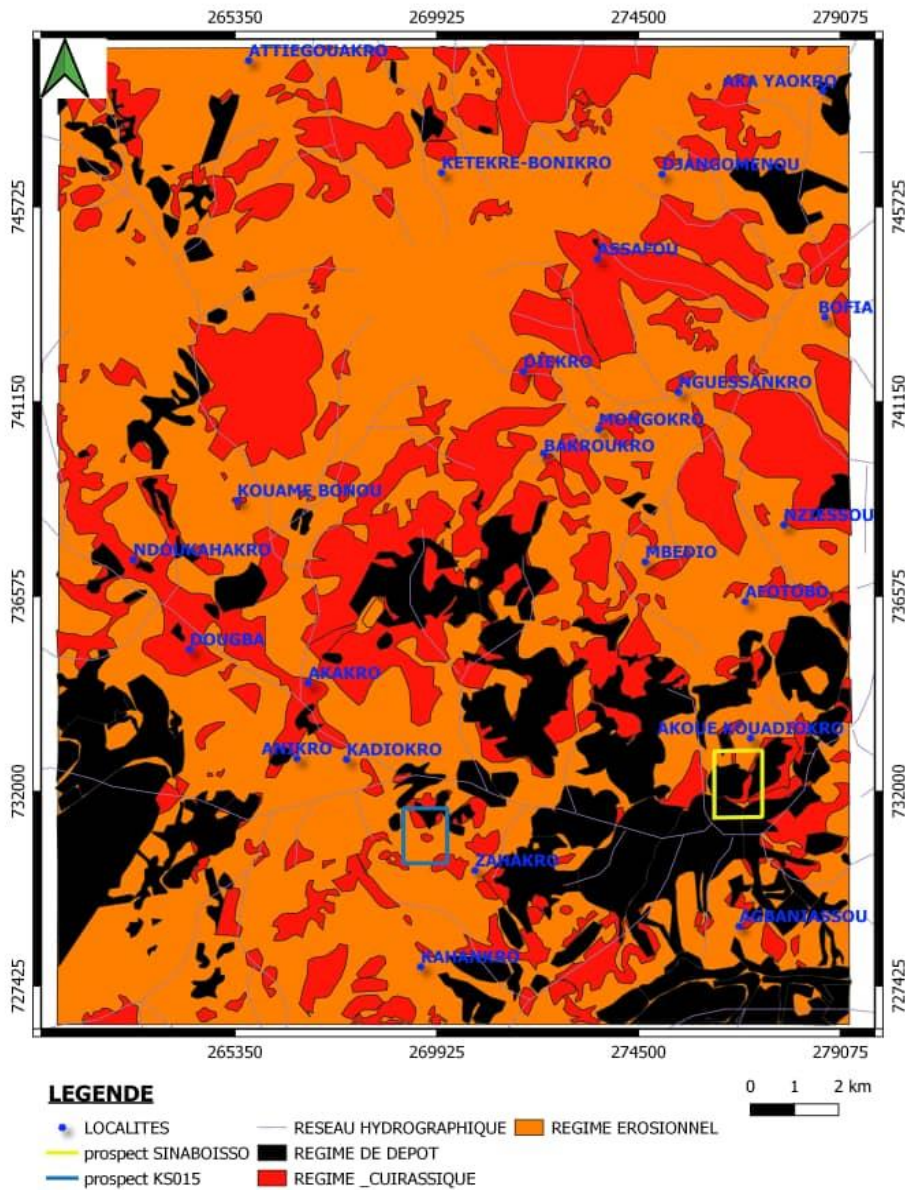


Figure 12. Carte du régolithe de la zone d'étude

5. Discussion

La cartographie du régolithe de la zone nord de Toumodi par la méthode de la télédétection, précisément les images Landsat 8 couplées aux travaux de validation effectués sur le terrain a permis de mettre en évidence trois (3) régimes de régolithe, à savoir : le régolithe de dépôt, le régolithe de cuirasse et le régolithe d'érosion. La majeure partie de la zone d'étude est occupée par le régolithe d'érosion. Arhin (2015), lors de ses travaux de cartographie du régolithe des terrains profondément altérés dans les régions de savane de la ceinture de roches vertes du Birimien Lawra (Ghana) a obtenu les mêmes résultats. Metelka *et al.*, (2017) ont observé des résultats similaires au Burkina Faso, dans le birimien lors de leurs études de cartographie automatisée du relief du régolithe à l'aide de données géophysiques aéroportées et de données de télédétection. Des cuirasses ferrugineuses reliques riches en hématite et goethite appartenant au Haut glaciaire, des surfaces d'érosion représentées par des affleurements et des sous-affleurements rocheux ainsi que des sédiments alluviaux ont été les différentes unités cartographiées. Il convient de noter qu'une couverture végétale dense peut limiter l'application de la méthode utilisée et biaiser les résultats ; ainsi les meilleurs résultats en matière de cartographie des diverses régions du monde nécessitent l'intégration de plusieurs ensembles de données (téléanalytique, terrain, etc.) pour caractériser les propriétés chimiques et morphologiques des différentes unités de relief du régolithe et de surmonter les effets de masquage de la végétation. Une telle intégration peut être facilitée par la simple superposition de différentes couches dans un Système d'Information Géographique (SIG), suivie d'une analyse des données de terrains (Arhin, 2015 ; Grimaud *et al.*, 2015). Les cuirasses latéritiques observées au cours de cette étude sont les cuirasses latéritiques ferrugineuses et les cuirasses latéritiques alumino-ferrugineuses. Ces deux cuirasses sont similaires à celles décrites par Grandin (1965) lors de l'étude de descriptions morphoscopiques, géochimiques et minéralogiques des faciès cuirassés des principaux niveaux géomorphologiques de Côte d'Ivoire. Les données de sondage ont montré que les formations ont des épaisseurs différentes. Ainsi selon Lawrance (1997), la nature des profils d'altération dépend du type de roche, du climat et du drainage.

Aussi, les différentes épaisseurs des formations observées dans la zone d'étude peuvent être dues aux différences entre les roches mères rencontrées d'une part, et d'autre part, la géomorphologie. Toutefois, les travaux menés ont permis de mettre en évidence une épaisseur moyenne du régolithe d'environ dix-huit (18) m, permettant ainsi d'avoir une connaissance du profil d'altération dans la zone nord de Toumodi. Selon Bamba (2009), la cartographie du relief et du régolithe, et l'établissement d'une chronologie des paysages de glaciaire sont nécessaires autour des sites d'échantillonnage afin de

connaître le contexte géomorphologique de l'anomalie pour localiser sa source potentielle à distance ou d'identifier la couverture de glacis qui masque une ou plusieurs ressources potentielles du socle rocheux. En effet, la compréhension de la variation de l'environnement du régolithe est importante et peut constituer un guide pour la planification des études géochimiques de surface, et informer les planificateurs des levés d'exploration à connaître la distribution relative des différents régimes de régolithe; ce qui leur donnera des indices sur la profondeur à laquelle échantillonner, que ce soit à la même profondeur ou à une profondeur différente. Les anomalies minérales faciles à trouver ont toutes été découvertes dans des terrains régolithiques moins complexes (Butt et Zeegers, 1992). Aussi, les rapports de Bolster (1999, 2007) et d'Arhin et Nude (2009), suggèrent que la production d'une carte du régolithe bien développée, peut aider à définir les anomalies déplacées non liées à la minéralisation du substratum rocheux et contribuer ainsi à réduire les enquêtes de suivi des fausses anomalies. De ce fait, cette étude permettra ainsi une meilleure campagne d'échantillonnage et d'interprétation d'éventuelles anomalies géochimiques, afin de mieux explorer les minéralisations.

Conclusion

La cartographie du régolithe de la zone nord de Toumodi à l'aide des images Landsat, du modèle numérique d'élévation du SRTM, couplée aux travaux de terrain ont permis d'avoir une bonne connaissance sur la distribution spatiale des différentes unités du régolithe de la zone. Trois régimes de régolithe ont été observés. Il s'agit du régime de dépôt, du régime érosionnel et le régime cuirassique. Les sections de sondage effectuées sur les deux prospects ont permis de mettre en évidence l'épaisseur moyenne du régolithe, qui est d'environ 18 m. Cette étude contribuera à l'amélioration des connaissances, plus détaillées du régolithe et de la géologie de la zone nord de Toumodi, et sera même un guide dans les travaux d'exploration minière en Côte d'Ivoire.

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien de l'entreprise Equigold-CI SA qui a mis à notre disposition les données de sondage RAB. Les auteurs remercient également l'équipe éditoriale, ainsi que les reviewers pour leurs commentaires constructifs qui ont permis d'améliorer l'article.

References:

1. Arhin E. (2015). Regolith mapping of deeply weathered terrain in savannah regions of the Birimian Lawra Greenstone Belt, Ghana Earth Sciences, 49, 3-164.

2. Arhin E., Nude P.M. (2009). Significance of regolith mapping and its implication for gold exploration in northern Ghana: a case study at Tinga and Kunche. *Geochem. Explor. Environ. Anal.* 9, 63–69.
3. Bamba O. (2009). Morphopédologie et anomalie géochimique. *Can. J. Earth Sci.* 46, 939–948.
4. Berger J., Diot H., Khalidou L., Ohnenstetter D., Femenias O., Pivin M., Demaiffe D., Bernard A. Et Charlier B. (2013). Petrogenesis of Archean PGM-bearing chromitites and associated ultramafic–mafic–anorthositic rocks from the Guelb el Azib layered complex (West African craton, Mauritania). *Precambrian Research* Vol 224. pp. 612–628.
5. Bessoles B. (1977). Géologie de l’Afrique. Le Craton Ouest-Africain. *Mém. B.R.G.M.*, n°88, 402p.
6. Bolster S.J.S. (1999). Regolith mapping: is it really necessary? In: Ho S.E., Geffress G., Davies B. (Eds.), *Exploration Geochemistry for the New Millennium. Bulletin 30. Australian Institute of Geoscientists, Perth*, pp. 125–135.
7. Bolster S.J.S. (2007). Regolith mapping, landscape evolution and geochemical applications.
8. *Exploration 07: International Conference on Mineral Exploration, Workshop 2*, pp. 19–21.
9. Butt C.R.M., Zeegers H. (1992). Regolith exploration in tropical and subtropical terrains.
10. *Handbook of Exploration Geochemistry 4. Elsevier, Amsterdam* (607 pp.).
11. Coulibaly I. (2018). Pétrographie des volcanites et plutonites de la partie Sud du sillon volcanosédimentaire de Toumodi-Fêtékro. *Doctorat Univ. Félix HOUPHOUET-BOIGNY d’Abidjan*. 221p.
12. Daouda Y. B. (1998). Lithostratigraphie et pétrologie des formations birimiennes de Toumodi-Fêtékro (Côte d’Ivoire). Implication pour l’évolution crustale du paléoprotérozoïque du craton-africain. *Thèse de Doctorat, Université d’Orléans. Mémoire BRGM n°737*, 191p.
13. Gnanzou A. (2014). Etude des séries volcanosédimentaires de la région de Dabakala (Nord-Est de la Côte d’Ivoire) : genèse et évolution magmatique. Contribution à la connaissance de la minéralisation aurifère de Bobosso dans la série de la Haute-Comoé. *Thèse de doctorat, Univ. Paris-Sud Orsay, France et Univ. Félix HOUPHOUET-BOIGNY*, 303p.
14. Grandin G. (1965). Les cuirasses de la région birimienne volcano-sédimentaire de Toumodi : jalons de l’histoire morphologique de la Côte-d’Ivoire *C. R. Acad. Se. Paris*, t. 269, pp.1474-1477.

15. Grimaud J.L., Chardon D., Metelka V., Beauvais A., Bamba O. (2015). Neogene cratonic erosion fluxes and landform evolution processes from regional regolith mapping (Burkina Faso, West Africa). *Geomorphology* 241, 315–330.
16. Houssou N. N. (2013). Etude pétrologique, structurale et métallogénique du prospect aurifère d'Agbahou, Divo, Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Univ. Félix HOUPHOUET-BOIGNY, 177p.
17. Kouamelan A. N. (1996). Géochronologie et géochimie des formations archéennes et protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire, implication pour la transition Archéen Protérozoïque. *Mém. Géosciences Rennes*, 73, 289p.
18. Lawrance L.M. (1997). Supergene Geochemistry. Short course Notes, 88 p.
19. Leake M.H. (1992). The petrogenesis and structural history of the northern sector of the Fettekro Greenstone belt, Dabakala region, NE Côte d'Ivoire. Ph.D. Thesis, Uni. Porthsmouth, U.K., 315 p.
20. Lemoine S. (1985). Mise en évidence d'une tectonique tangentielle éburnéenne dans la synforme birimienne de Fettekro (Côte d'Ivoire), implications possibles pour l'orogénèse éburnéenne. *Comptes Rendus Académie des Sciences (Paris)*, 301 (3) : 195-200.
21. Lemoine S. (1988). Evolution géologique de la région de Dabakala (Nord-Est de la Côte d'Ivoire) au Protérozoïque inférieur ; possibilité d'extension au reste de la Côte d'Ivoire et du Burkina Faso. Thèse doct. ès-sci Nat. Univ. Clermont-Ferrand 2, 334 p.
22. Le Mignot E. (2014). Les prospectes d'or comme témoins de l'histoire géologique du craton ouest-africain- Apports de la datation. Doctorat, Univ. Lorraine, 322p.
23. Metelka V., Baratoux L., Mark W. (2017). Automated regolith landform mapping using airborne geophysics and remote sensing data, Burkina Faso, West Africa. *Remote Sensing of Environment*, 4, 6-15.
24. Milesi J. P., Feybesse J. L., Ledru P., Dommanget A., Ouedraogo M. F., Marcoux E., Prost A., Vinchon C., Sylvain J. P., Johan V., Tegye M., Calvez J. Y., Lagny P. (1989). Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest : leurs relations avec l'évolution lithostructurale du protérozoïque inférieur. *Chron. Rech. Min.* 497, pp. 3-98.
25. Mortimer J. (1990). Evolution of the early Proterozoic Toumodi Volcanic Group and associated rocks, Ivory Coast. Ph.D. Thesis CNA. Portsmouth Plytech. Portsmouth. 244 p.
26. Mortimer J. (1992). Lithostratigraphic of the early Proterozoic Toumodi Volcanic group in Central Côte d'Ivoire: implication for Birimian stratigraphy models. *J. Afr. Earth Sci.* 14: 81-91.

27. Mortimer J. (2016). Paleoproterozoic geology of the Toumodi area, Ivory Coast, 1:100,000. Journal of Maps, DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2016.1227732>
28. Ouattara S. (2018). Le gisement de Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fêtêkro, Oumé, Côte d'Ivoire) : Pétrographie, déformation, géochimie et métallogénie. Doctorat, Univ. FELIX HOUPHOUET-BOIGNY, 252 p.
29. Ouattara Z. (2015). Caractères lithostratigraphique, structural, géochimique et métallogénique du gisement d'or de Bonikro, sillon birimien de fêtêkro, Centre-Sud de la Côte d'Ivoire. Doctorat, Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, 275p.
30. Tagini B. (1971). Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire ; essai de géotectonique régionale. Doctorat, Univ. Lausanne, Côte d'Ivoire (SODEMI), Bull. n°5, 302p.
31. Tagini B. (1972). Carte géologique de la Côte d'Ivoire à l'échelle 1/2 000 000. SODEMI-ORSTOM-Université d'Abidjan.
32. Tripathi M. K., Govil H. (2020). Regolith Mapping and Geochemistry of Hydrothermally Altered, Weathered and Clay Minerals, Western Jahajpur Belt, Bhilwara, India. Geocarto International, 20, pp. 9-11.
33. Yace I. (1976). Le volcanisme éburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne
34. Précambrienne de Fêtêkro en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat. Univ Abidjan. 373 p.
35. Yace I. (1982). Etude du volcanisme éburnéen dans les parties centrale et méridionale de la
36. chaîne Précambrienne de Fêtêkro. Direction de la Géologie. Abidjan. 156 p.
37. Yace I. (2002). Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'ouest. Edition CEDA, Abidjan, Côte d'Ivoire, 183p.