

Contribution de la cartographie du régolithe dans la connaissance de la géologie de la zone nord de Bouaflé (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire)

[Contribution of regolith mapping to the knowledge of the geology of the northern zone of Bouaflé (Central-west of Côte d'Ivoire)]

Gnagnon Raymond Stephane Koffi¹, Brice Roland Kouassi², Kouadio David Koffi¹, Teha Raoul Koffi¹, and Koffi Joseph Brou¹

¹UFR Sciences de la terre et des ressources minières, Laboratoire de géologie, ressources minérales et énergétiques, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, 22 B.P. 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²UFR Sciences biologiques, Département géosciences, Université Peleforo Gon-Coulibaly, Korhogo, BP 1328, Côte d'Ivoire

Copyright © 2025 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 northern zone of Bouaflé is located in the central part of the Bouaflé furrow, in the center of Côte d'Ivoire. This zone being highly lateritized, as in all tropical climate zones, a mapping from the regolith with a view to improving knowledge of the geology of the central part of the Bouaflé furrow was initiated. It was done using remote sensing and survey data carried out in the area. Thus, it emerges from this study that the regolith of the study area comes from the supergene alteration of the various geological formations observed and is characterized by a deep alteration profile with an average thickness of approximately 30 m with a spatial distribution of relict regolith, erosion, deposition as well as surfaces affected by widespread lateritization.

KEYWORDS: geology, Bouaflé, regolith, alteration, Côte d'Ivoire.

RESUME: La zone nord de Bouaflé est située dans la partie centrale du sillon de Bouaflé, au centre de la Côte d'Ivoire. Cette zone étant fortement latéritisée, comme dans toute les zones à climat tropicale, une cartographie à partir du régolithe en vue de l'amélioration des connaissances de la géologie de la partie centre du sillon de Bouaflé 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 30 m avec une distribution spatiale de régolithe relique, d'érosion, de dépôt ainsi que des surfaces affectées par une latéritisation généralisée.

MOTS-CLEFS: géologie, Bouaflé, régolithe, altération, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'Afrique de l'Ouest est aujourd'hui une région minière en plein essor. En effet, elle a enregistré une croissance record d'Or de 81% durant ces quinze dernières années. En 2016, l'Afrique de l'Ouest a produit huit (08) millions d'onces pour l'Australie et la Russie et quinze (15) millions d'onces pour la Chine. Face à un tel potentiel, plusieurs études géologiques ont été menées pour comprendre l'origine de cette minéralisation. Plusieurs études ont révélé que le craton ouest africain est dominé par les formations d'âge Birimien. 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 [1-2]. La Côte d'Ivoire possède 35% des

formations birimiennes, ces formations couvrent 77,5% du socle cristallin ivoirien [3]. On y dénombre dix-sept sillons dont celui de Bouaflé. Ce sillon, situé au centre de la Côte d'Ivoire, a montré son potentiel en ressources minières avec le gisement de Yaouré détenu par Perseus Mining. La ceinture de Bouaflé est divisée en deux domaines; un domaine mafique à l'Est et un domaine volcano-sédimentaire à l'ouest. Il faut noter que sur ce sillon, par endroit les formations rocheuses sont recouvertes par de grandes surfaces de régolithe issues de l'altération des roches. Ainsi la rareté des affleurements provoqués par la couverture sédimentaire constitue un véritable problème lors des travaux de cartographie géologique. Ainsi, le régolithe joue un rôle important dans l'interprétation d'une anomalie géochimique de surface. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette présente étude en vue de contribuer à l'amélioration des connaissances sur la géologie, notamment sur le régolithe à travers des données télé-analytiques, des levés de terrain et de forage sur le permis de de Bouaflé.

2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La Côte d'Ivoire appartient au craton ouest-africain et plus précisément à la dorsale de Man ou dorsale de Léo (**Fig. 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 [4]; (**Fig. 2**). Le permis de Bouaflé se situe dans les localités de Pkouabo et de Kpangbankouamekro dans la partie centre du sillon de Bouaflé. La géologie du sillon de Bouaflé est connue grâce aux travaux de [5-9] (**Fig. 3**).

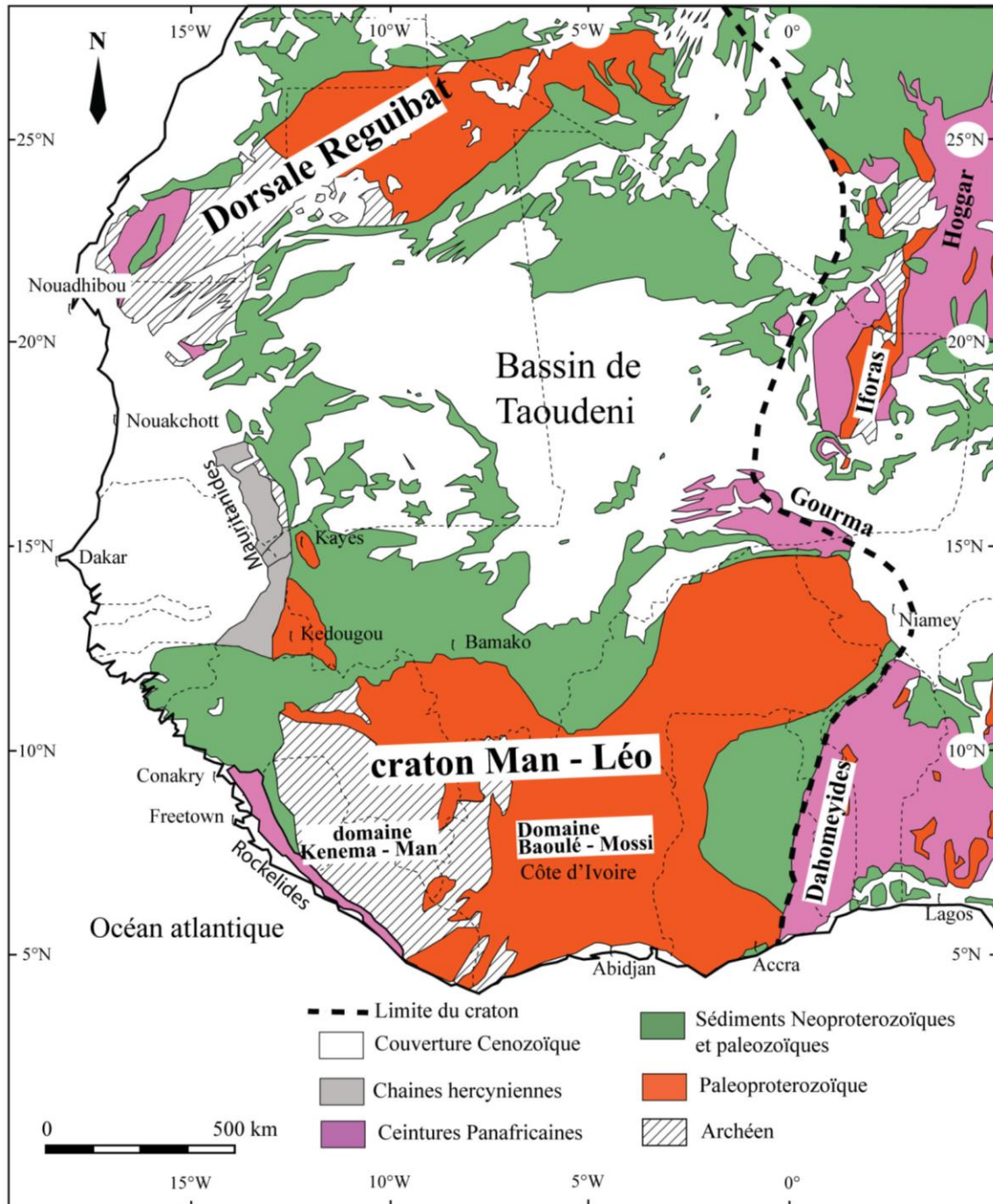


Fig. 1. Carte du craton ouest-africain modifiée d'après [10]

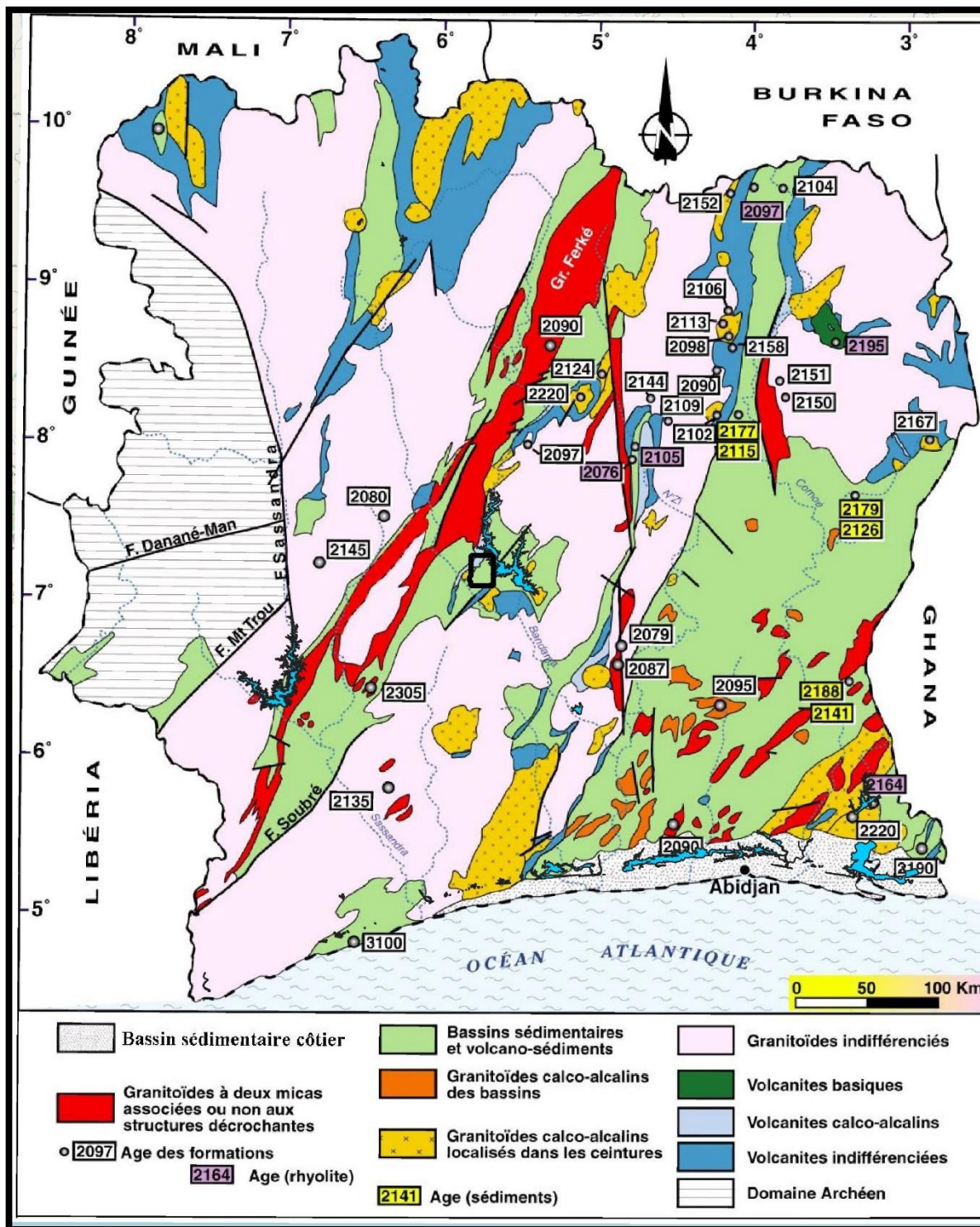


Fig. 2. Carte géologique simplifiée de la Côte d'Ivoire [11-12]

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. 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 toute

petite taille et de granitoïdes gneissifiés [9]. Selon [13], les basaltes seraient issus d'un taux de fusion partiel de 10 à 20% d'une source composée de lherzolite à spinelle d'un manteau appauvri de type MORB (DDM). Ce sillon est bordé des granitoïdes gneissifiés correspondant au socle dans lequel des granodiorites, des diorites et des granites se retrouvent en intrusion. A l'est, nous avons les granitoïdes du Kan (complexe trondhjémitique), qui se mettent en place dans un couloir de cisaillement [9] et la granodiorite de Toumodi. A l'ouest du sillon, nous avons les granitoïdes de la région de Yamoussoukro. Ces granitoïdes sont de nature variée et hétérogène (granites à biotite, granodiorites, monzogranites, granites aplitiques, etc.) [14].

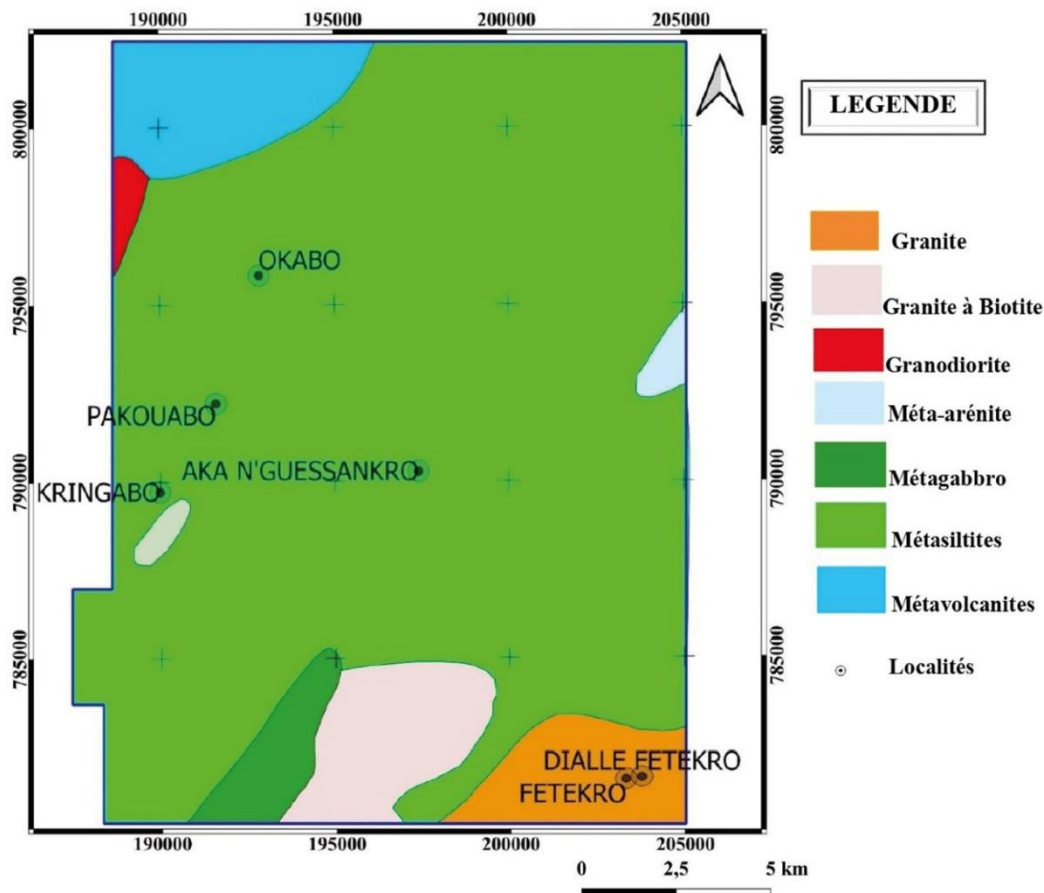


Fig. 3. Carte géologique de la zone nord de Bouaflé (Extrainte de la carte au 1/200000 de la région de Bouaflé [15])

3 METHODOLOGIE

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 régoïlthe 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 digitale de terrain (DTM) a été utilisé. Ces données ont été traitées et interprétées à l'aide des logiciels Global mapper 21.0 et Qgis 3.22.11. Le relief issu du DTM a été utilisé comme substitut du régoïlthe dans cette cartographie car les limites du relief y sont généralement plus nettes (Fig. 4). Les caractéristiques du paysage représentant le haut et bas-relief ont été compilées et interpolées à partir du DTM. 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.

• 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 le modèle digital de terrain. 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 (Fig. 5). Aussi, une grille 400*400 a été élaborée pour un échantillonnage l'échelle de tout le permis (Fig. 6). Par la suite, 13 forages AC (Aire Core), (Fig. 7). En effet, ces données de sondages AC effectués ont été utilisées pour mieux mettre en évidence l'épaisseur moyenne du régolithe.

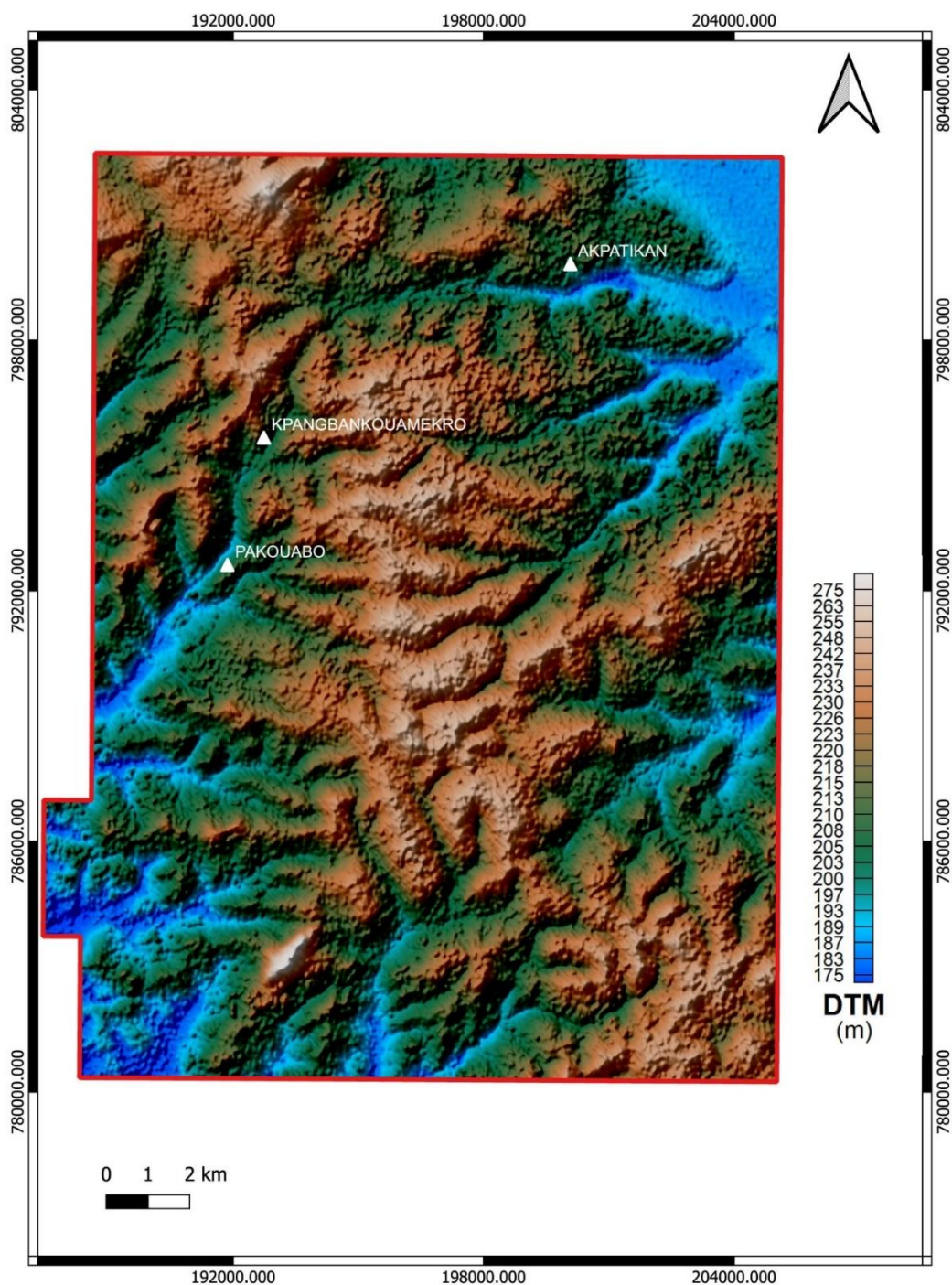


Fig. 4. Modèle Digitale de Terrain de la zone d'étude

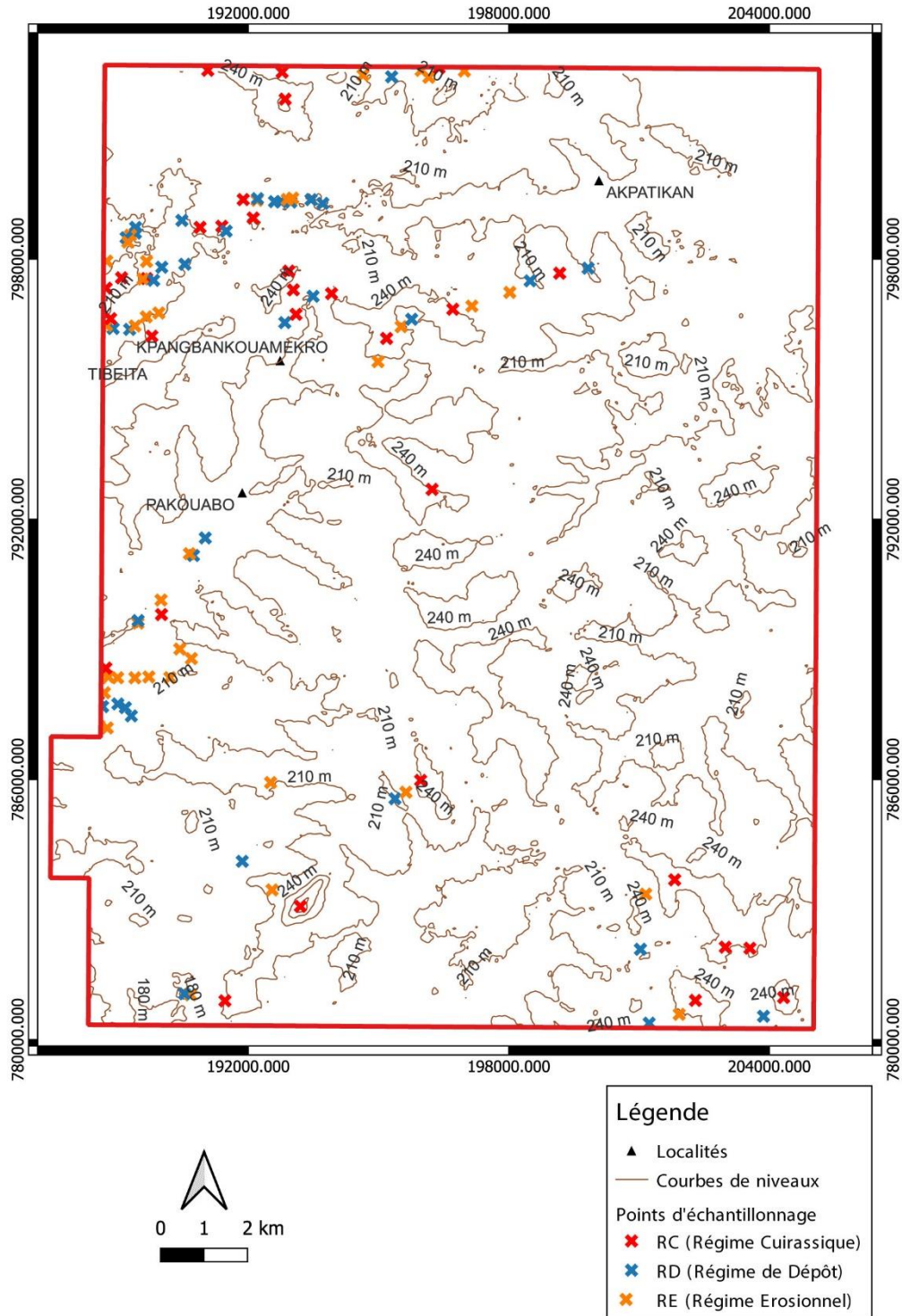


Fig. 5. Carte d'échantillonnage montrant les différents régimes du régolithe

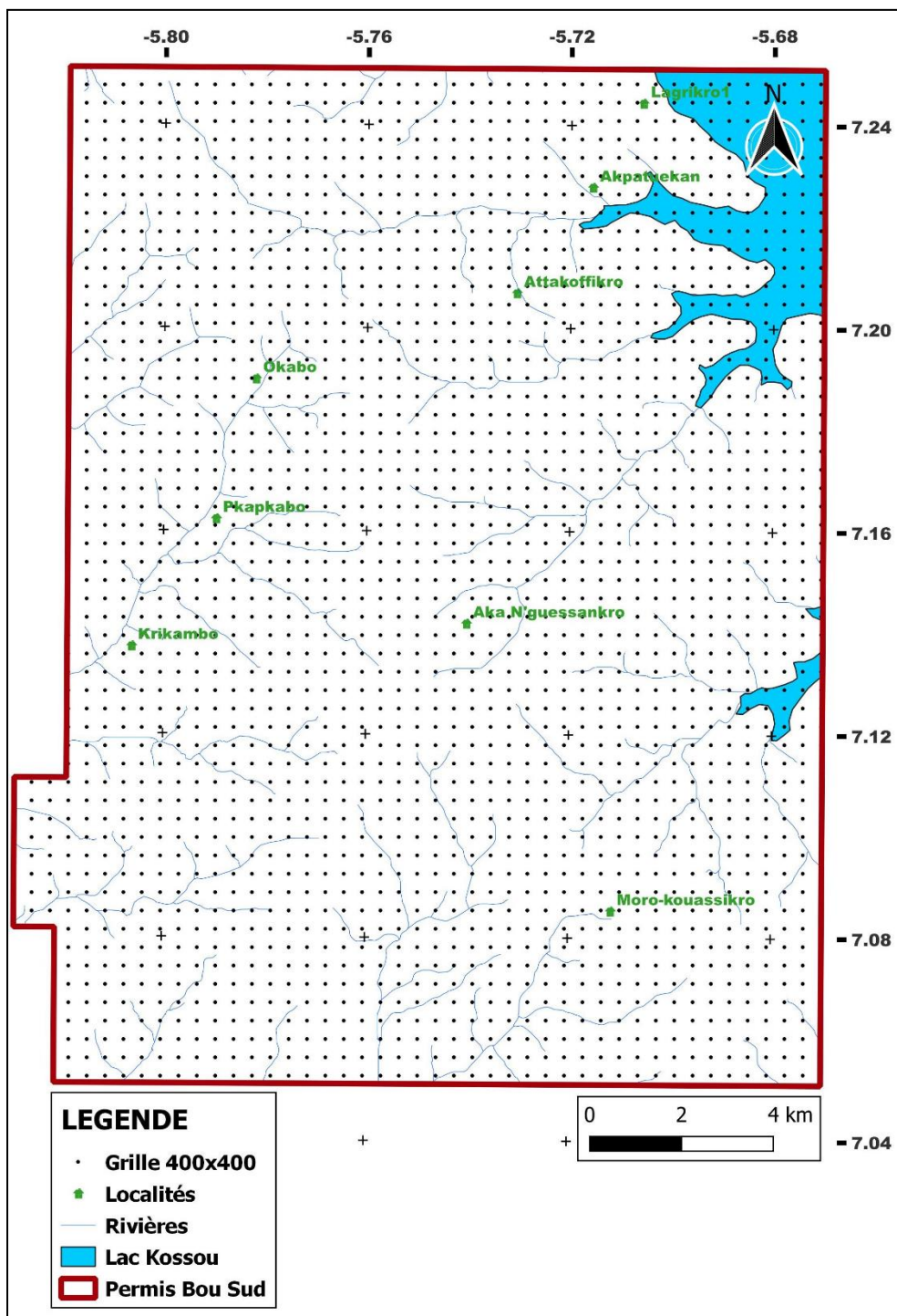


Fig. 6. Grille d'échantillonnage à maille 400x400

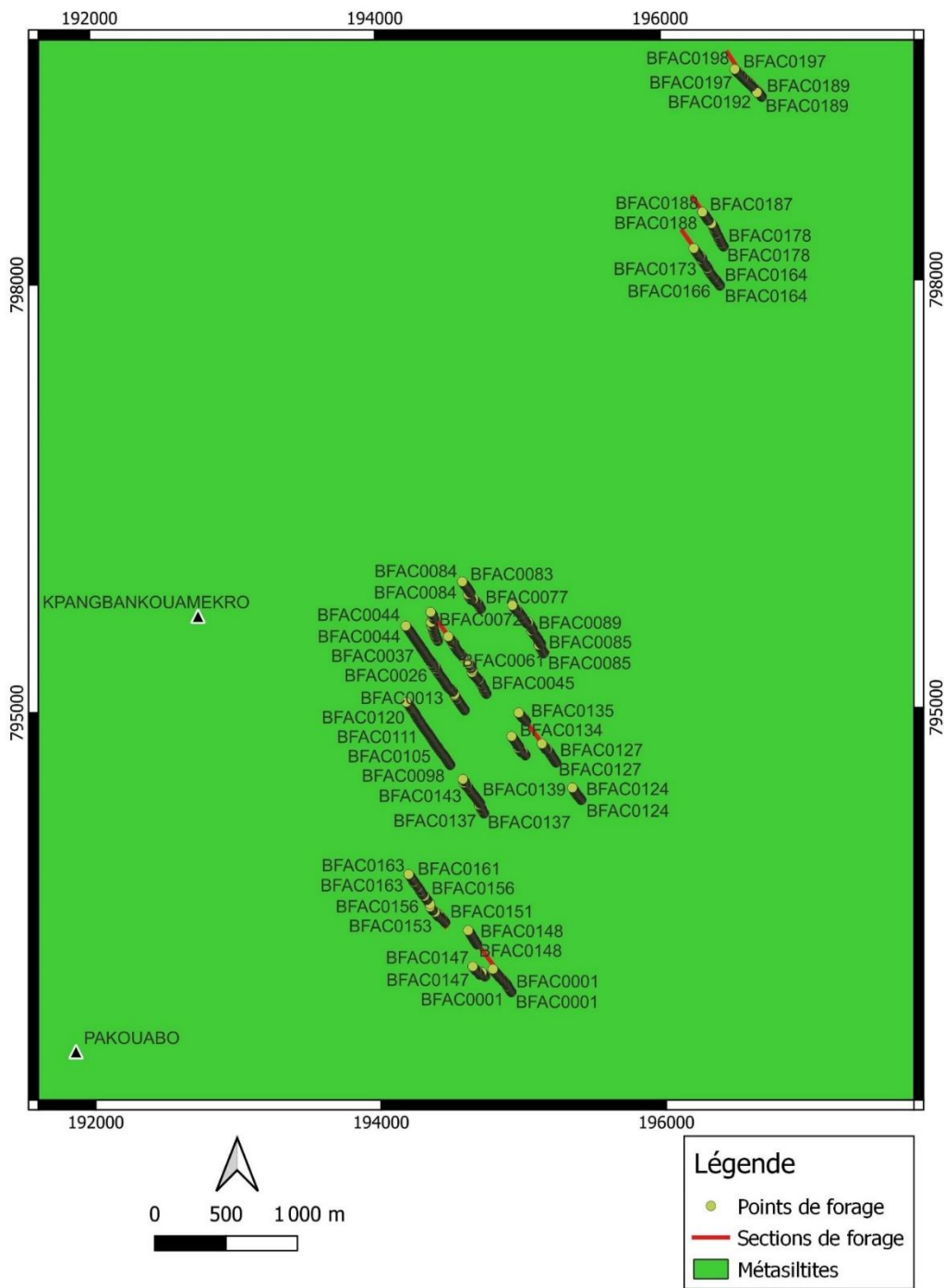


Fig. 7. Carte géologique montrant les sections de forages

4 RESULTATS

4.1 CARTOGRAPHIE DE REGOLITHE

Un modèle de terrain numérique (DTM) augmente généralement les caractéristiques de la surface nue en incluant des caractéristiques vectorielles du terrain naturel, comme les rivières et les crêtes. Ces caractéristiques 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 caractéristiques vectorielles. Ainsi, plusieurs types de régolithe ont été mis en évidence dans la zone d’étude.

- **Régime cuirassique**

Les cuirasses latéritiques que nous avons remarquées au cours de cette étude sont les cuirasses latéritiques ferrugineuses et les cuirasses latéritiques alumino-ferrugineuses. Les cuirasses ferrugineuses reliques dominant sur les cuirasses alumino-ferrugineuses sont riches en hématites et goethite.

Dans certains endroits, ces cuirasses présentent sous forme de plateau cuirassique. Il y a aussi des fragments de quartz dans certaines cuirasses (**Fig. 8A**).

Le faciès dominant sur toute l'étendue du permis est le faciès ferrugineux. Les couleurs rougeâtres et brunâtres caractérisent ces cuirasses avec une teneur très élevée en oxyde de fer.

- **Régime de dépôt**

Le régime de dépôt de la zone d'étude est matérialisé par des dépôts alluviaux/fluviaux. Ce sont des matériaux transportés par les eaux de ruissellement, les ruisseaux ou les rivières. Les sols se développent mal au-dessus des dépôts alluviaux sableux et les échantillons prélevés sur ces sols peuvent masquer toute minéralisation sous-jacente.

Ce régime marqué dans les plaines et les zones basses de la zone d'étude, est caractérisé par des matériaux régolithiques variables (**Fig. 8C**) composés de sables friables de silt et d'argiles. Le sable est en effet, le dépôt le plus dominant de ces zones avec la présence de gravillons de taille variable et de formes sub-arrondies à arrondies

- **Régime érosionnel**

Le régime érosionnel est caractérisé par les matériaux colluviaux qui sont transportés par gravité (**Fig. 8B**). Ces matériaux proviennent de glissements de terrain et se trouvent généralement à la base des pentes, recouvrant le régolithe latéritique. Les colluvions sont mal triées, non consolidées et contiennent des galets anguleux et des fragments lithiques de la taille d'un gravier dans une matrice mal triée. Les échantillons prélevés dans les horizons pédologiques au-dessus des colluvions qui présentent une anomalie géochimique peuvent trouver leur origine plus haute sur la pente. Un certain nombre d'affleurements qui proviendraient de l'action de l'érosion a été observée. Les flancs des collines ont été sujets d'intenses activités de l'érosion fracturant les blocs de cuirasses en colluvions.

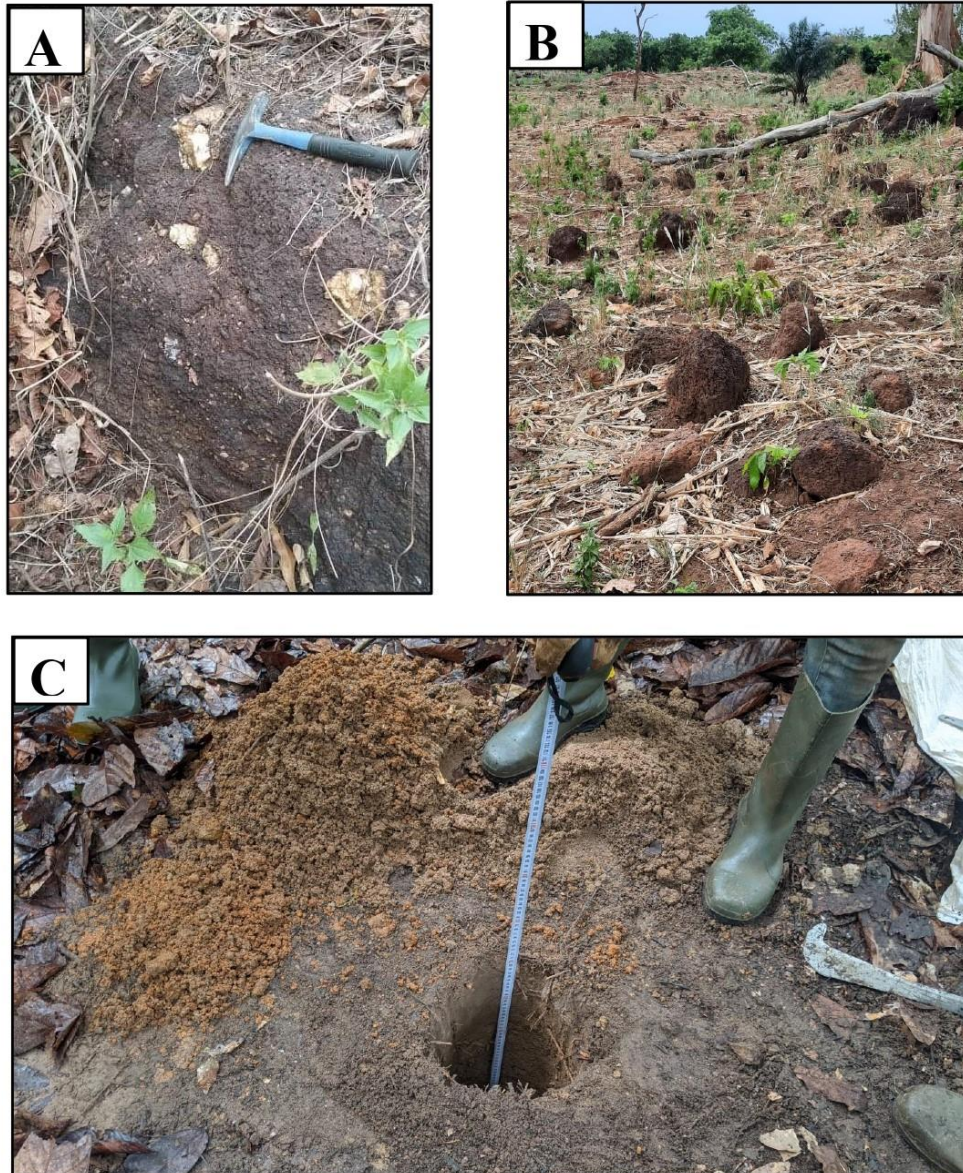


Fig. 8. Image des différents régimes du régoilthe
A: régime cuirassique; B; régime érosionnel; C: régime de dépôt

4.2 DONNÉES DE SONDAGE

La compilation des données de forage effectué dans la partie centre de la zone étude, précisément à l'est de Pkagbankouamekro, a permis de mettre en évidence l'épaisseur moyenne du régoilthe. Les forages effectués dans ces zones montrent que l'épaisseur du régoilthe est en moyenne d'environ 30 m. Néanmoins par endroits, dans les environnements de dépôt, on retrouve des épaisseurs avoisinant les 40 m.

La section de forage de huit (8) points réalisée sur la ligne 6 a permis à partir des correspondances lithologiques des sondages de mettre en évidence un ensemble de lithologies que sont: les latérites, les dépôts alluvionnaires, la et la saprock.

L'épaisseur du régoilthe sur cette section de forage L6 est entre 28m (la plus faible) et 38m (la plus forte). La moyenne est donc de 30,62m (Fig. 9).

Cette variation des épaisseurs du régolithe le long de la ligne témoigne de la géomorphologie du terrain de ce permis. En effet, le phénomène d'érosion décape les formations géologiques situées dans les positions topographiques élevées par l'agent d'érosion qu'est l'eau pour les déposer vers les bas versants expliquant cette variation des épaisseurs par endroits.

La nature des profils d'altérations qui résultent de l'altération dépend du type de roche, du climat et du drainage. Aussi, ces différentes épaisseurs des formations observées dans la zone d'étude peuvent être expliquées par les différences entre les roches fraîches rencontrées d'une part et d'autre part la géomorphologie.

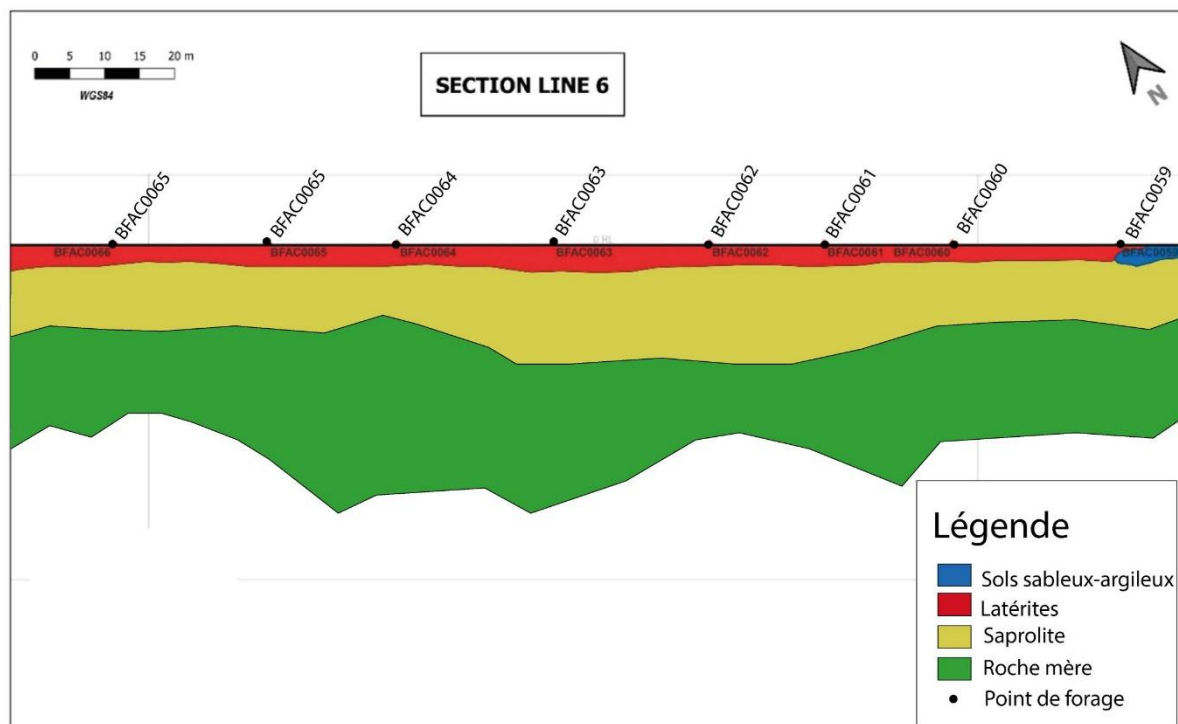


Fig. 9. Section de sondage du layon L6

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 quarante mètres dans les environnements de dépôt avec une distribution spatiale de régolithe relique, d'érosion, de dépôt ainsi que des surfaces affectées par une latérisation généralisée (Fig. 10). Dans la zone d'étude, la plupart des parties du paysage s'élèvent entre cent (175) et deux cent cinquante (275) 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, souvent au bas versant, à la base des pentes.

La zone d'étude est dominée par une topographie généralement basse, ondulée avec des collines isolées par endroit est de la zone d'étude. 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.

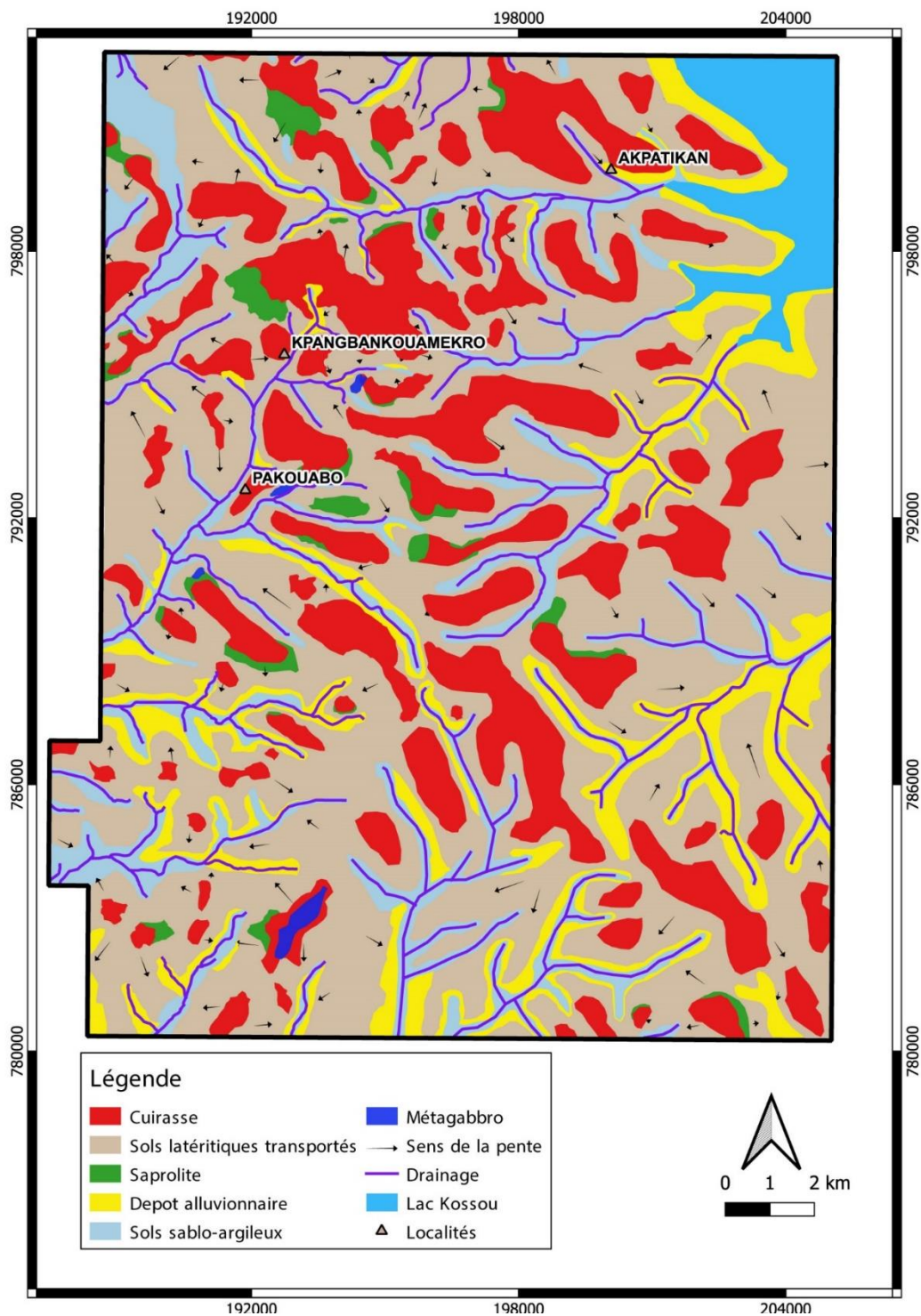


Fig. 10. Carte du régalithe de la zone d'étude

5 DISCUSSION

La cartographie du régalithe de la zone nord de Bouaflé par la méthode de la télédétection, précisément l'image DTM couplées aux travaux de validation effectués sur le terrain ont permis de mettre en évidence trois (3) régimes de régalithe, à savoir: le régalithe de dépôt, le régalithe de cuirasse et le régalithe d'érosion. La majeure partie de la zone d'étude est occupée par le régalithe d'érosion. [16], lors de leur travaux de cartographie du régalithe dans la zone de toumodi (Côte d'Ivoire) ont obtenu les mêmes résultats. [17-18] ont observé des résultats similaires dans les ceintures de roches vertes du Birimien

Lawra (Ghana) puis au Burkina Faso. 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 [17]; [19]. Les cuirasses latéritiques observées au cours de cette étude sont les cuirasses latéritiques ferrugineuses et les cuirasses latéritiques aluminoferrugineuses. Ces deux cuirasses sont similaires à celles décrites par [20] 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 [21], 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 trente m (30m), permettant ainsi d'avoir une connaissance du profil d'altération dans la zone nord de Bouaflé alors que [16] relève une épaisseur de 18m dans la zone de Toumodi. Selon [22], 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 glaciaire 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 [23]. Aussi, les rapports de [24] et [25] 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.

6 CONCLUSION

La cartographie des régolithes dans la zone d'étude a été réalisée à l'aide de méthodes analytiques à distance liées aux activités de validation, permettant de bien comprendre la distribution spatiale des différents régimes de régolithe à l'œuvre. Trois régimes de régolithe ont été observés au cours de la cartographie, à savoir le régime de cuirasse, le régime d'érosion et le régime de dépôt. Différentes activités de forage Aircore sur le permis mettent en évidence l'épaisseur moyenne de ce régolithe. Ce régolithe démontre une activité météorique significative sur l'ensemble du permis, en particulier dans les climats tropicaux humides.

Cette étude contribuera à l'amélioration des connaissances, plus détaillées du régolithe et de la géologie de la zone nord de Bouaflé, et sera même un guide dans les travaux d'exploration minière en Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- [1] Milesi J. P., Feybesse J. L., Ledru P., Dommanget A., Ouedraogo M. F., Marcoux E., Prost A., Vinchon C., Sylvain J. P., Johan V., Tegvey 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.
- [2] Le Mignot E. (2014). Les prospectifs d'or comme témoins de l'histoire géologique du craton ouest-africain- Apports de la datation. Doctorat, Univ. Lorraine, 322p.
- [3] 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.
- [4] Bessoles B. (1977). Géologie de l'Afrique. Le Craton Ouest-Africain. *Mém. B.R.G.M.*, n°88, 402p.
- [5] Yace I. (1982). Etude du volcanisme éburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne Précambrienne de Fêtékro. Direction de la Géologie. Abidjan. 156 p.

- [6] 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.
- [7] 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>.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Tagini B. (1972). Carte géologique de la Côte d'Ivoire à l'échelle 1/2 000 000. SODEMI-ORSTOM-Université d'Abidjan.
- [15] Delor C., Yao B. D., Okou A., Koné Y. et Diaby I. (1995). Carte géologique de la Côte d'Ivoire à 1/200000, feuille Gagnoa 4b. FAC, Vol. 92, N° 73, 01 p.
- [16] 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>.
- [17] Arhin E. (2015). Regolith mapping of deeply weathered terrain in savannah regions of the Birimian Lawra Greenstone Belt, Ghana *Earth Sciences*, 49, 3-164.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] Lawrance L.M. (1997). Supergene Geochemistry. *Short course Notes*, 88 p.
- [22] Bamba O. (2009). Morphopédologie et anomalie géochimique. *Can. J. Earth Sci.* 46, 939–948.
- [23] Butt C.R.M., Zeegers H. (1992). Regolith exploration in tropical and subtropical terrains. *Handbook of Exploration Geochemistry* 4. Elsevier, Amsterdam (607 pp.).
- [24] Bolster S.J.S. (2007). Regolith mapping, landscape evolution and geochemical applications. *Exploration International Conference on Mineral Exploration, Workshop 2*, pp. 19–21.
- [25] 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.