

Cartographie du massif bauxitique de Foulou par photo-interprétation en 3D (Centre-Nord du Burkina Faso)

Benjamin SAWADOGO^{1,2*}, Wilédio Marc-Emile BONZI^{2,3},
Kalidou TRAORE⁴

Résumé

Dans cette étude, nous proposons une méthode de cartographie géologique et minière basée sur la photo-interprétation en 3D avec des images satellitaires de haute résolution spatiale. Cette méthode se révèle être une approche résiliente pour la cartographie dans les pays sahéliens où les observations de terrain sont limitées à cause de l'insécurité liée au terrorisme. Nous l'avons appliquée avec succès à la cartographie du massif bauxitique de Foulou qui est une occurrence emblématique de la ceinture de roches vertes de Goren, au Centre-Nord du Burkina Faso. Ce massif abrite une réserve estimée à 20 millions de tonnes de minerai de bauxite. Cette ressource bauxitique recouvre un plateau convexe d'une superficie de 0,5 km², dominant le paysage environnant de 150 mètres. Sur les images photo-interprétées, le plateau se distingue par une tonalité sombre et une texture rugueuse.

Mots clés : Cartographie, Photo-interprétation 3D, bauxite, altération, géomorphologie, Burkina Faso.

3D Photointerpretation Mapping of the Foulou Bauxite Massif (North-Central Burkina Faso)

Abstract

In this study, we propose a geological and mining mapping method based on 3D photo-interpretation using high-resolution satellite images. This method has proven to be a resilient approach to mapping in Sahelian regions where access to terrain is limited due to terrorism-related insecurity. This method has been successfully applied to the mapping of the Foulou bauxitic massif, an emblematic occurrence of the Goren greenstone belt in north-central Burkina Faso. This massif hosts an estimated reserve

¹ Université Joseph Ki-Zerbo, Département des Sciences de la Terre, Laboratoire Géosciences & Environnement (LaGE), Ouagadougou, Burkina Faso

² IRD, Ouagadougou, Burkina Faso

³ Université Daniel Ouezzin Coulibaly, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (UFR-SAT), BP 176 Dédougou, Burkina Faso

⁴ Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Laboratoire de Géodynamique et de Cartographie, Bamako, Mali

* **Auteur correspondant :** Benjamin SAWADOGO, sawadogobenja@gmail.com

of 20 million tons of bauxite ore. This bauxite resource covers a convex plateau with a surface area of 0.5 km², towering 150 meters above the surrounding landscape. In photo-interpreted images, the plateau stands out for its dark hue and rough texture.

Key-words: Cartography, 3D photo-interpretation, bauxite, weathering, geomorphology, Burkina Faso

Introduction

Le Burkina Faso est reconnu comme un pays à fort potentiel minier en Afrique de l'Ouest, comptant une dizaine de mines d'or en exploitation ainsi que des milliers de sites d'exploitation aurifère artisanale répartis à travers les ceintures de roches vertes BAMBBA *et al.*, 2013 ; BOHBOT, 2017 ; ILBOUDO *et al.*, 2019). Cependant, la ruée vers l'or, stimulée par l'augmentation actuelle de son prix (environ 2165 \$US/Ounce, <https://goldprice.org/>, 25/03/2024), conduit à une négligence ou à une sous-exploration des autres ressources minérales telles que le nickel, le manganèse, l'aluminium, le fer et les terres rares. Pourtant, la diversification des ressources minières est essentielle pour le développement durable du secteur minier, actuellement dominé par l'exploitation aurifère dans toute l'Afrique de l'Ouest. Les occurrences de bauxite sont parmi les ressources sous-estimées au Burkina Faso, bien qu'elles aient été signalées depuis longtemps dans diverses études (ESCHENBRENNER et GRANDIN, 1970 ; GRANDIN, 1976 ; BUVOGMI, 1982 ; CASTAING *et al.*, 2003). Des travaux récents ont révélé le potentiel polymétallique des profils d'altération bauxitique (DRAMÉ, 2020 ; SAWADOGO *et al.*, 2020). Les bauxites latéritiques sont en effet des formations superficielles qui résultent de l'altération chimique du substrat géologique sous climat tropical perhumide (VALETON, 1991). Ce type de latérite agit comme un filtre de rétention pour l'aluminium et des métaux relativement peu mobiles tels que le zirconium, le titane et le niobium, qui y présentent des teneurs élevées relativement aux roches saines d'origine.

Les bauxites ouest-africaines correspondent à des reliques d'une ancienne pénéplaine ondulée (etchplain bauxitique) issue d'une longue période d'altération latéritique régionale sous un paléoclimat tropical de type équatorial (GRANDIN, 1976 ; BOULANGÉ et MILLOT, 1988 ; TARDY et ROQUIN, 1998). Cette altération aurait débuté à la fin du Crétacé et a culminé à l'Eocène moyen (CHARDON *et al.*, 2006 ; BEAUVAIS *et al.*, 2008 ; BEAUVAIS et CHARDON, 2013). Ainsi les

reliques bauxitiques sont présentes dans toute l’Afrique de l’Ouest sous forme de plateaux associés aux massifs topographiques résiduels (CHARDON *et al.*, 2018 ; CHARDON, 2023). Ces plateaux sont mieux préservés dans les bassins sédimentaires ainsi que sur les ceintures de roches vertes (GRANDIN, 1976). Ils couvrent des surfaces considérables en Guinée (CHARDON *et al.*, 2006), faisant de la Guinée la plus grande réserve au monde de bauxite (7 400 millions de tonnes ; USGS, 2024).

L’objectif de cette étude est de caractériser, à l’aide de la photo-interprétation en 3D, les différentes unités morpho-régolitiques présentes dans le massif bauxitique de Foulou ainsi que dans ses piémonts. Ce massif constitue une occurrence bauxitique emblématique dans la région centre-nord du Burkina Faso. À travers ce travail, nous présentons une méthode de cartographie géologique, géomorphologique et minière utilisant la télédétection. C’est un outil de cartographie moderne et résiliente, particulièrement dans les contextes confrontés à des défis sécuritaires tels que le Burkina Faso, le Mali et le Niger où les géologues n’arrivent pas souvent à réaliser des travaux d’observation et d’échantillonnage sur le terrain.

Contexte morpho-géologique

La zone d’intérêt se situe principalement dans la ceinture de Goren, dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso, dans une zone semi-aride du domaine climatique soudanien (Fig. 1). Cette ceinture constitue l’une des ceintures de roches vertes les plus représentatives du domaine paléo-protérozoïque de la partie méridionale du craton Ouest-africain.

Sur le plan géologique, la ceinture de Goren est constituée de deux principales lithologies : les méta-basites et les schistes volcano-sédimentaires (CASTAING *et al.*, 2003 ; HEIN *et al.*, 2004). Les méta-basites sont des amphibolites de direction litho-structurale NW-SE. Ils sont observés en alternance avec les volcano-sédiments et les volcanites intermédiaires et affleurent le long de collines basses arrondies. Les schistes volcano-sédimentaires regroupent les schistes et roches massives à granulométrie plus grossière s’apparentant à des wackes volcano-sédimentaires (à rares niveaux gréseux), ou à des tufs volcaniques. Les schistes sont généralement altérés en saprock.

Sur le plan géomorphologique, l’architecture du paysage est contrôlée par la géologie et le climat qui est de type soudanien et proche-sahélien. Le paysage est dominé par diverses formes de relief latéritique, parfois

étagées (SAWADOGO *et al.*, 2020). Ces reliefs latéritiques correspondent à des reliques de paléosurfaces paléogènes à néogènes. Les massifs topographiques résiduels façonnés sur métabasites et volcano-sédiments, constituent une particularité de la zone d'étude. Le dénivelé de ces massifs par rapport au bas paysage peut excéder une centaine de mètres (SAWADOGO *et al.*, 2024).

Sur le plan hydrographique, la zone d'étude est située dans le grand bassin versant du fleuve Nakanbé et est parcouru par ses affluents. La végétation est typique de la savane avec une dominance de plantes herbacées et d'arbres épineux mesurant souvent jusqu'à 20 m de haut. Le paysage du Centre-nord du Burkina Faso est potentiellement recouvert de diverses formations superficielles latéritiques et non latéritiques. Ces formations superficielles constituent un enjeu majeur pour l'exploration géochimique car elles masquent le substrat géologique (BAMBA, 2009 ; CHARDON *et al.*, 2018).

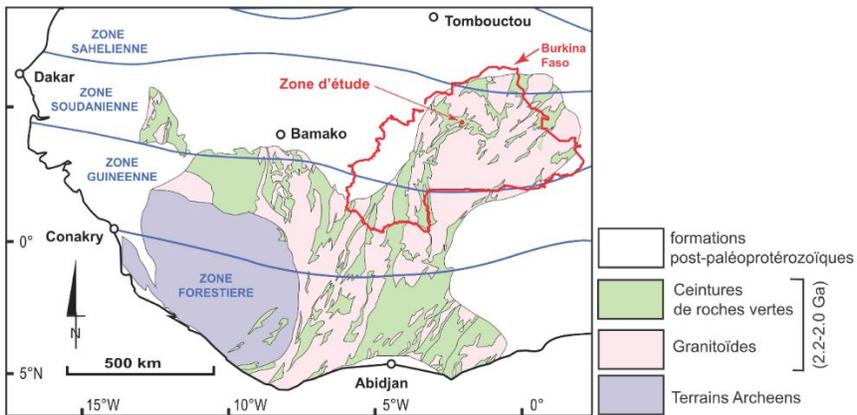


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude dans la partie méridionale du craton ouest-africain (d'après SAWADOGO *et al.*, 2020).

I.Méthode

Ce travail consiste essentiellement à une photo-interprétation 3D via Google Earth Pro qui est un programme de visualisation géospatiale développé par Google. En effet, Google Earth Pro couple le modèle numérique de terrain SRTM 90 (Shuttle Radar Topography Mission) avec les images satellitaires et des photographies aériennes à très haute résolution spatiale permettant ainsi de visualisation de la terre en 3D. De nos jours, il apparaît comme un puissant outil de cartographie

géologique et géomorphologique. La photo-interprétation sous Google Earth a servi dans diverses études de cartographie en Afrique de l'Ouest (BEAUVAIS et CHARDON, 2013 ; GRIMAUD, 2014 ; GRIMAUD *et al.*, 2015). De plus, elle peut être utilisée pour l'exploration minière, permettant par exemple d'identifier et de cartographier les formations rocheuses exposées, les structures tectoniques, ainsi que les cuirasses (CHARDON *et al.*, 1998 ; TRAORÉ *et al.*, 2022).

La photo-interprétation se base sur des critères de reconnaissance géomorphologique de formes types du relief issus de la littérature (ESCHENBRENNER et GRANDIN, 1970 ; GRANDIN, 1976 ; GRIMAUD *et al.*, 2015 ; CHARDON *et al.*, 2018 ; SAWADOGO *et al.*, 2020 ; CHARDON, 2023 ; SAWADOGO *et al.*, 2024). Les critères de photo-interprétation géomorphologique sont basés sur les critères suivants (SAWADOGO, 2021) :

- L'ampleur de l'inversion du relief de reliques de paléosurfaces cuirassées. Par exemple, les occurrences bauxitiques forment des points culminants régionaux avec un relief local de 100 m (Fig. 2).
- La morphologie et l'étagement des surfaces à l'échelle d'un même massif (Fig.2).
- La nature (rugosité, relief, couleur) des images qui dépendent de la nature des régolites. Par exemple, les plateaux cuirassés de paléo-glacis sont caractérisés par des images de couleurs grisâtres et une texture lisse (Fig. 2).
- Les formations rocheuses exposées présentent une structure lithologique distincte sur les images.

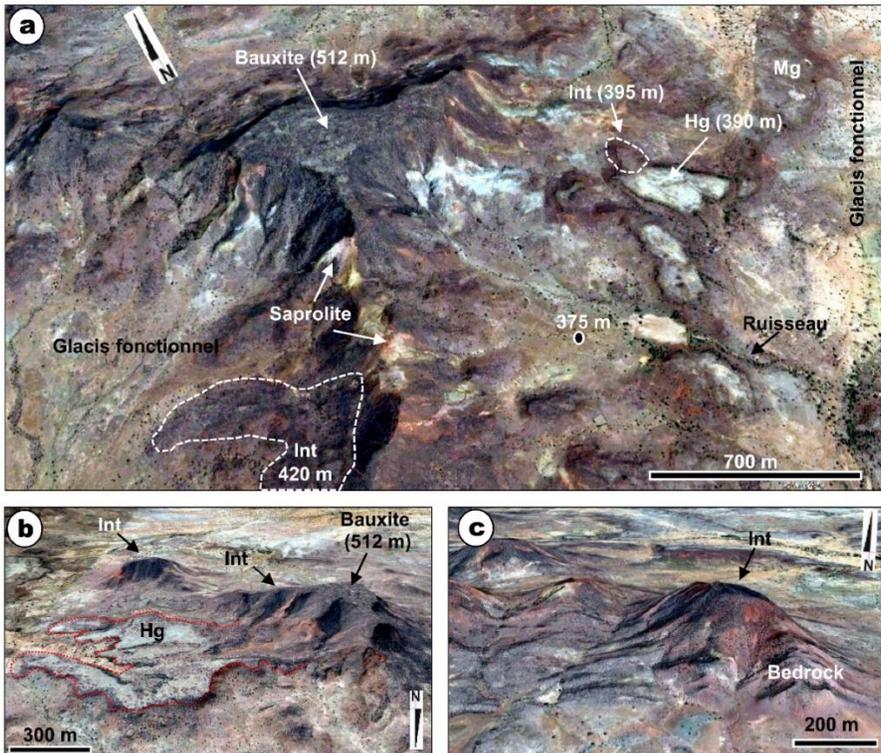


Figure 2 : Exemples de photo-interprétation des formations supergènes via Google Earth Pro dans la région du Centre-Nord du Burkina Faso (d'après SAWADOGO, 2021 ; Légende : Int : paléosurface intermédiaire, Hg : Haut glacis, Mg : Moyen glacis).

II. Résultats et interprétations

La photo-interprétation a permis de proposer une carte morpho-réglitique du massif de Foulou (Fig. 3) qui est composé de six unités décrites, interprétées et discutées dans cette section.

II.1. Plateau bauxitique

Le plateau bauxitique du massif de Foulou présente une morphologie convexe et constitue le point culminant avec une altitude de 508 m (Fig. 3 et 4). Il s'étend sur une superficie de 0,5 km². Le relief local, soit la différence d'altitude entre le plateau et le paysage environnant, est d'environ 150 mètres. Sur les images satellitaires, le plateau apparaît sombre avec une texture rugueuse, indiquant une dégradation de la bauxite en blocs métriques au sommet (Fig. 4). Les flancs du plateau sont caractérisés par des pentes escarpées ou très raides, exposant le profil d'altération saprolitique et la roche mère.

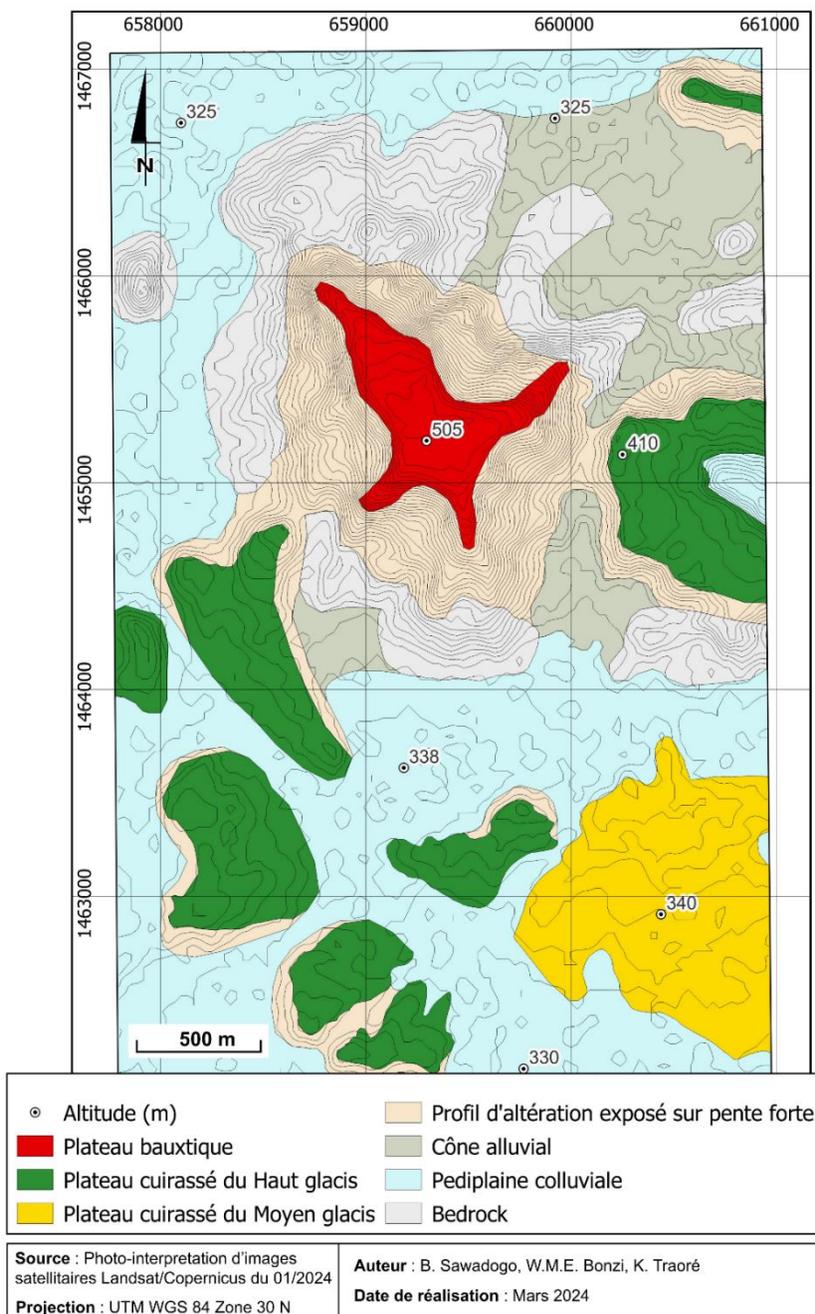


Figure 3 : Carte morpho-réglitique du massif bauxitique de Foulou issue de la photo-interpretation de l'image Landsat/Corpnicus du 17/01/2024.

Ces unités autour du plateau suggèrent la présence d'un profil bauxitique à trois horizons. À la base du profil se trouve un substrat rocheux plus ou moins altéré en saprock, recouvert par une épaisse couche de saprolite présentant une coloration rosâtre sur les images (Fig. 4). Au-dessus de la saprolite se trouve une cuirasse bauxitique, mise en évidence par la bordure escarpée du plateau. L'épaisseur de la cuirasse bauxitique a été estimée à 20 mètres et reflète l'épaisseur des horizons cuirassés des profils bauxitiques dans la ceinture de Goren (SAWADOGO *et al.*, 2024).

En prenant en considération la superficie du plateau bauxitique (0,5 km² soit 500 000 m²) et l'épaisseur de la cuirasse (20 m), on constate que le massif de Foulou offre un volume de 10 millions de mètres cubes de minerai de bauxite, ce qui équivaut à 20 millions de tonnes de minerai en tenant compte que les cuirasses bauxitiques ont une masse volumique moyenne de 2 tonnes par mètre cube.

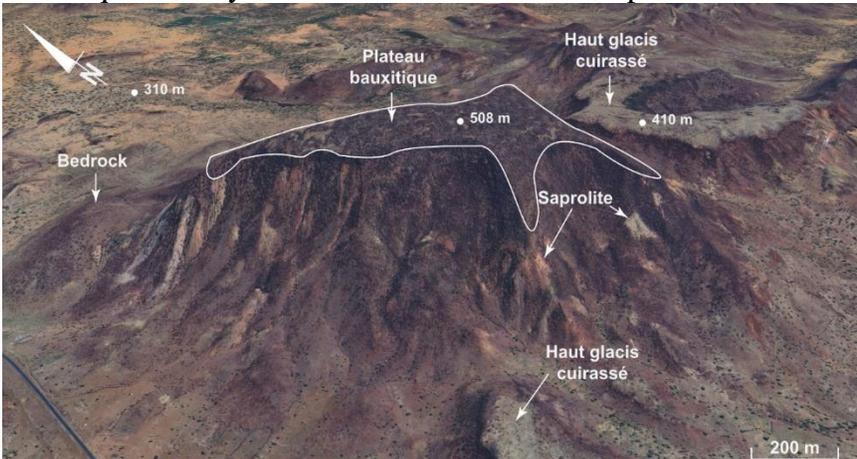


Figure 4 : Vue oblique du plateau bauxitique de Foulou. Le plateau est convexe avec des flancs érosifs qui exposent la saprolite et la roche mère. Interprétation faite à partir de l'image Landsat/Corpnicus du 17/01/2024.

II.2. Plateau cuirassé du Haut glacis

Cette unité cartographique représente les restes ou reliques cuirassés d'une ancienne plaine colluviale, connue sous le nom de "Haut glacis". Les reliques de cette plaine colluviale sont bien préservées, prenant la forme de vastes plateaux cuirassés situés au pied du massif de Foulou. Un de ces plateaux cuirassés du Haut glacis s'étend sur plus de 2 km dans le piémont Est du massif de Foulou (Fig. 5). L'altitude de l'about de ce plateau est de 410 m, tandis que celle de l'aval est de 360 m, créant ainsi une différence d'altitude de 50 m sur le plateau. Sur les images

satellites, les plateaux cuirassés du Haut glacis apparaissent de couleur grise avec une texture lisse, indiquant qu'ils sont recouverts d'une épaisse couche de cuirasse ferrugineuse estimée à environ 10 mètres. Dans la ceinture de Goren, ces plateaux cuirassés du Haut glacis sont généralement couverts par des cuirasses détritiques, résultant de la ferruginisation d'un matériel sédimentaire (Chardon et al., 2018). Les plateaux cuirassés du Haut glacis en position de piémont (Fig. 5), comme celui de Foulou, sont typiquement conglomératiques et contiennent généralement des galets de bauxite remaniés. Dans l'ensemble, ces plateaux cuirassés constituent de potentiels masques pour les minéralisations primaires du substrat géologique en raison de leur épaisse couverture cuirassée détritique. Cependant, ils pourraient également représenter des ressources de paléo-placers aurifères.

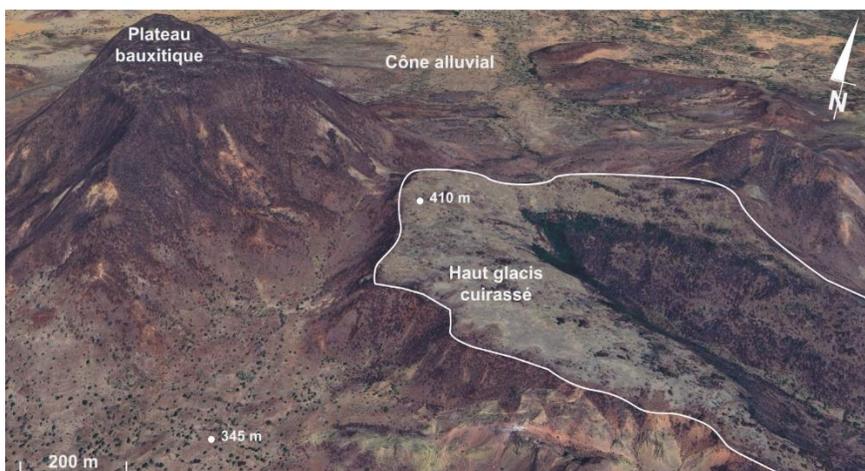


Figure 5 : Vue en 3D d'une relique de Haut glacis (un paléo-pédiment colluvial cuirassé et disséqué par l'érosion) en position de piedmont du plateau bauxitique de Foulou. Interprétation faite à partir de l'image Landsat/Corpinicus du 17/01/2024.

II.3. Plateau cuirassé du moyen glacis

Les plateaux cuirassés du Moyen glacis sont les restes ou reliques cuirassés d'une ancienne plaine colluviale, appelée Moyen glacis, qui s'est formée ultérieurement au Haut glacis à la suite de l'érosion de ce dernier. Ils ont été cartographiés à des altitudes variant entre 320 et 345 mètres (Fig. 6). Situés dans les parties basses du paysage, les reliques du moyen glacis forment des plateaux cuirassés peu étendus qui sont présents autour du massif de Foulou. Sur les images satellitaires, les plateaux cuirassés du Moyen glacis apparaissent de couleur grise avec

une texture lisse, parfois légèrement rugueuse, indiquant un début de démantèlement de la cuirasse (Fig. 6). Comme les cuirasses du Haut glaciaire, celles du Moyen glaciaire sont détritiques et résultent de la ferrugination de colluvions argilo-sableuses mêlées à des gravillons ferrugineux. Les cuirasses du Moyen glaciaire présentent généralement une texture micro-conglomératique ou argilo-sableuse.



Figure 6 : Photo-interprétation d'un plateau cuirassé du Moyen glaciaire. Interprétation faite à partir de l'image Landsat/Corpnicus du 17/01/2024.

II.4. Cônes alluviaux

Il s'agit de dépôts sédimentaires récents à actuels qui se forment dans les dépressions périphériques autour des massifs topographiques birimiens. Un cône de déjection a été identifié au piémont nord du massif de Foulou (Fig. 3 et 7). Ce cône semble être alimenté de manière active par l'érosion des hauts flancs du plateau bauxitique, exposant ainsi la saprolite. Ce cône semble remanier un matériel limono-sableux marqué par une couleur rose sur les images. Ce matériel limono-sableux serait issu de l'érosion de la saprolite sur les hauts flancs du plateau bauxitique. Cette dynamique serait favorisée par un réseau hydrographique torrentiel qui alimente les cônes en matériel sédimentaire (Fig. 7).

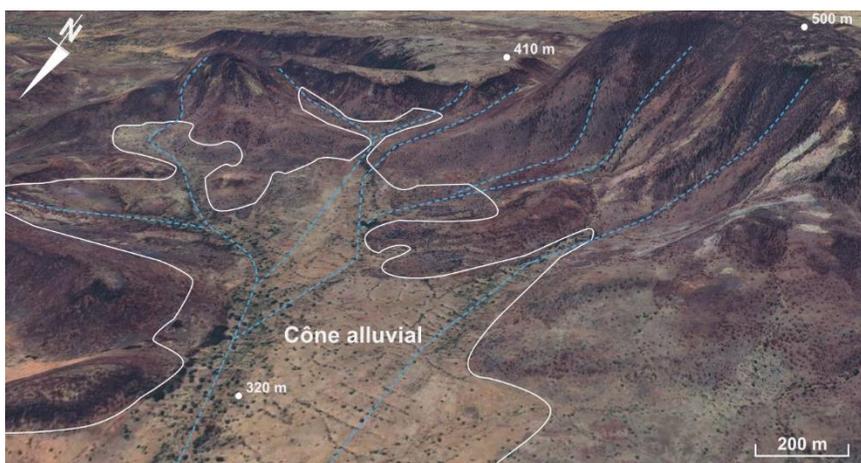


Figure 7 : Photo-interprétation d'un cône alluvial occupant les dépressions périphériques du massif de Foulou. Interprétation faite à partir de l'image Landsat/Corpnicus du 17/01/2024.

II.5. Pédiplaine colluviale Cette unité représente la pédiplaine régionale à partir de laquelle émerge le massif de Foulou. Elle est composée de pédiments coalescents qui se forment en réponse au climat semi-aride (CHARDON *et al.*, 2018). Ces pédiments coalescents s'étendent de manière divergente à partir du massif de Foulou (Fig. 3) et s'étendent jusqu'aux principaux cours d'eau de la région. Les colluvions de la pédiplaine sont le résultat de l'érosion récente à active des reliefs résiduels. L'analyse des images montre deux types de colluvions. D'une part, il y a des nappes de graviers latéritiques, caractérisées par des plages sombres sur les images, qui correspondent aux matériaux érodés des plateaux cuirassés situés en amont (Fig. 8). D'autre part, il y a des colluvions limono-sableuses à argileuses, identifiées par des plages roses dans le paysage plus bas (Fig. 8). Ces dépôts sédimentaires sont probablement le résultat de l'érosion des argiles tachetées et des saprolites exposées sur les pentes escarpées et les versants du plateau bauxitique.



Figure 8 : Photo-interprétation de la pédiplaine colluviale environnant le massif. Interprétation faite à partir de l'image Landsat/Corpinicus du 17/01/2024 (Sawadogo, Bonzi et Traoré, 2024).

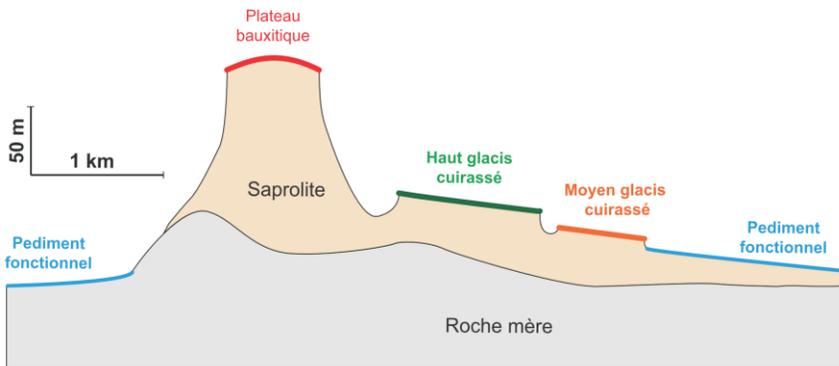


Figure 9 : Modèle en coupe du massif bauxitique de Foulou issu de la photo-interprétation d'image Landsat/Corpinicus du 17/01/2022.

III. Discussion

Les résultats de cette étude, combinés à la documentation des travaux antérieurs, permettent de discuter des interrogations suivantes : (i) le potentiel minier supergène du massif de Foulou et (ii) le modèle géomorphologique des paysages proches-sahéliens.

Potentiel minier supergène du massif de Foulou

La cartographie du massif de Foulou illustre de manière précise la bonne préservation d'un plateau bauxitique très étendu sur la ceinture de roches vertes de Goren, avec une réserve de bauxite estimée à 20

millions de tonnes. La morphologie convexe du plateau, préservée à une altitude de plus de 500 m, suggère des bauxites très riches en alumine (Al_2O_3), avec une teneur supérieure à 50 % selon SAWADOGO, (2021). En plus de l'aluminium, ces bauxites pourraient également contenir des minéralisations en métaux de base (Ti, Zr, Cr, Ga), et des terres rares (Sawadogo et al., 2020). Ces éléments chimiques ont une affinité pour les profils d'altération bauxitique, tout comme l'aluminium dans ces profils (BUTT *et al.*, 2000; SIDIBE et YALCIN, 2019; DRAME, 2020 ; SAWADOGO *et al.*, 2020).

Outre les bauxites du massif de Foulou, les plateaux cuirassés des Haut et Moyen glacis y sont bien préservés. Ces plateaux cuirassés pourraient abriter des paléo-placers aurifères, car ils représentent des reliques de paléo-pédiments colluviales ayant subi une altération ferrugineuse au Néogène (BEAUVAIS *et al.*, 2008; BEAUVAIS et CHARDON, 2013; CHARDON *et al.*, 2018). Des placers aurifères récents peuvent être recherchés dans les cônes alluviaux cartographiés dans les portions basses du massif de Foulou.

Modèle géomorphologique des paysages proche-sahéliens

Le paysage ouest-africain résulte de la dissection séquentielle d'une surface bauxitique régionale, appelée surface africaine, influencée par les changements climatiques cénozoïques (BEAUVAIS *et al.*, 2008 ; BEAUVAIS et CHARDON, 2013). Les observations géomorphologiques dans diverses régions d'Afrique de l'Ouest ont permis de documenter une série de cinq paléosurfaces latéritiques, représentant les principaux stades de l'évolution morphogénétique de cette région (CHARDON, 2023) : la paléosurface bauxitique, la paléosurface intermédiaire et trois systèmes de paléo-glacis (Haut, Moyen et Bas glacis). Le modèle géomorphologique du massif de Foulou, que nous proposons sur la base des données cartographiques (Fig. 9), montre que les reliques de ces paléosurfaces sont bien préservées dans le Centre-nord du Burkina Faso : (i) reliques de la paléosurface bauxitique, et (ii) reliques des Haut et Moyen glacis (surfaces 3 et 4). Une nouvelle surface plane et légèrement inclinée, appelée pédiment fonctionnel, s'est développée postérieurement à ces paléosurfaces en raison du contexte climatique semi-aride qui favorise l'altération mécanique et l'érosion (CHARDON *et al.*, 2018). Cette surface est très étendue dans la région sahélienne (CHARDON, 2023).

Conclusion

Le massif de Foulou, situé dans le Centre-Nord du Burkina Faso, abrite un gisement potentiel de bauxite évalué à 20 millions de tonnes. La bauxite est présente sous la forme d'un plateau convexe qui surplombe le paysage environnant d'une centaine de mètres. Ce plateau correspond à la couche supérieure d'un épais profil d'altération saprolitique. Les piémonts du plateau sont constitués de reliques cuirassées de paléoglacis, notamment le Haut glacis et le Moyen glacis, qui ont contribué à l'érosion et au remaniement latéral du profil d'altération bauxitique. Ces reliques cuirassées de paléoglacis représentent des ressources potentielles de paléo-placers.

Notre travail démontre l'efficacité de la photo-interprétation en 3D avec des images satellitaires de haute résolution spatiale, ce qui a permis de proposer une carte morpho-régolitique détaillée du massif de Foulou et élaborer un modèle en coupe de la distribution spatiale des principales unités cartographiques. Cette approche se révèle être un outil indispensable pour la cartographie géologique et minière dans les régions sahéliennes où l'accès au terrain est limité à cause de l'insécurité.

Remerciement

Nos remerciements vont à l'endroit de la représentation de l'IRD à Ouagadougou et aux trois reviewers anonymes pour leur contribution.

Références bibliographiques

- BAMBA, O., 2009. Morphopédologie et anomalie géochimique. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 46 (12) : 939-947.
- BAMBA, O., PELEDE, S., SAKO, A., KAGAMBEGA, N. et MININGOU, M. Y., 2013. Impact de l'artisanat minier sur les sols d'un environnement agricole aménagé au Burkina Faso. *Journal des sciences*, 13 (1) : 1-11.
- BEAUVAIS, A. et CHARDON, D., 2013. Modes, tempo, and spatial variability of Cenozoic cratonic denudation: The West African example. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 14 (5) : 1590-1608.
- BEAUVAIS, A., RUFFET, G., HÉNOCQUE, O. et COLIN, F., 2008. Chemical and physical erosion rhythms of the West African Cenozoic morphogenesis: The ³⁹Ar-⁴⁰Ar dating of supergene K-Mn oxides. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 113 (F4) : F4007.

- BOHBOT, J., 2017. L'orpaillage au Burkina Faso: une aubaine économique pour les populations, aux conséquences sociales et environnementales mal maîtrisées. *EchoGéo*, (42).
- BOULANGÉ, B. et MILLOT, G., 1988. La distribution des bauxites sur le craton ouest-africain. Distribution of bauxites on the West African Craton. *Sciences Géologiques, bulletins et mémoires*, 41 (1) : 113-123.
- BUVOGMI, 1982. Notes sur les bauxites blanches et claires de Haute-Volta. Rapp. Bur. Volt. GéoI. Mines. Ouagadougou. 6 p. multigr.
- CASTAING, C., BILLA, M., MILESI, J., THIEBLEMONT, D., LE METOUR, J., EGAL, E., DONZEAU, M., *et al.*, 2003. Carte géologique et minière du Burkina Faso à 1/1 000 000. *BRGM/BUMIGEB*.
- CHARDON, D., 2023. Landform-regolith patterns of northwestern Africa: Deciphering Cenozoic surface dynamics of the tropical cratonic geosystem. *Earth-Science Reviews*, : 104452.
- CHARDON, D., CHEVILLOTTE, V., BEAUVAIS, A., GRANDIN, G. et BOULANGÉ, B., 2006. Planation, bauxites and epeirogeny: One or two paleosurfaces on the West African margin? *Geomorphology*, 82 (3-4) : 273-282.
- CHARDON, D., CHOUKROUNE, P. et JAYANANDA, M., 1998. Sinking of the Dharwar basin (South India): implications for Archaean tectonics. *Precambrian Research*, 91 (1-2) : 15-39.
- CHARDON, D., GRIMAUD, J.-L., BEAUVAIS, A. et BAMBA, O., 2018. West African lateritic pediments: Landform-regolith evolution processes and mineral exploration pitfalls. *Earth-Science Reviews*, 179 : 124-146.
- DRAMÉ, K., 2020. Bauxites latéritiques du Burkina Faso : inventaire, géomorphologie, aperçus pétrologique et Géochimique. Mémoire de master de l'Université Joseph Ki-Zerbo, 86p.
- ESCHENBRENNER, V. et GRANDIN, G., 1970. La séquence de cuirasses et ses différenciations entre Agnibilékrou (Côte d'Ivoire) et Diébougou (Haute Volta). *Cahiers ORSTOM. Série Géologie*, 2 (2) : 205-245.
- GRANDIN, G., 1976. Aplanissements cuirassés et enrichissement des gisements de manganèse dans quelques régions d'Afrique de l'Ouest. *Mémoire ORSTOM* 82, : 1-276.

- GRIMAUD, J.-L., 2014. Dynamique long-terme de l'érosion en contexte cratonique: l'Afrique de l'Ouest depuis l'Eocène. <https://theses.hal.science/tel-00982077/>
- GRIMAUD, J.-L., CHARDON, D., METELKA, V., BEAUVAIS, A. et BAMBA, O., 2015. Neogene cratonic erosion fluxes and landform evolution processes from regional regolith mapping (Burkina Faso, West Africa). *Geomorphology*, 241 : 315-330. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.04.006>
- HEIN, K. A., MOREL, V., KAGONÉ, O., KIEMDE, F. et MAYES, K., 2004. Birimian lithological succession and structural evolution in the Goren segment of the Boromo–Goren Greenstone Belt, Burkina Faso. *Journal of African Earth Sciences*, 39 (1-2) : 1-23.
- ILBOUDO, H., SAWADOGO, S., OUIYA, P., HIEN, A. et YAMÉOGO, F. H., 2019. Géologie des minéralisations (Au) en veines de Mouro dans le système Birimien de Banfora, Burkina Faso–Afrique de l'Ouest: approche géologique par exploitation d'un site d'orpaillage. *Afrique Science*, 15 : 92-104.
- SAWADOGO, B., 2021. Cartographie des régolites du Centre-Nord Burkina Faso (Afrique de l'Ouest): Implications fondamentales et appliquées. <https://theses.hal.science/tel-04430605v1>
- SAWADOGO, B., BAMBA, O. et CHARDON, D., 2020. Landform-regolith mapping in the West African context. *Ore Geology Reviews*, 126 : 103782. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103782>
- SAWADOGO, B., CHARDON, D. et BAMBA, O., 2024. Landform-regolith Map of the Central Goren Greenstone Belt, Burkina Faso. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.10600761>
- TARDY, Y. et ROQUIN, C., 1998. Derive des continents paleoclimats et altérations tropicales. *éd. BRGM*.
- TRAORÉ, K., CHARDON, D., NABA, S., WANE, O. et BOUARÉ, M. L., 2022. Paleoproterozoic collision tectonics in West Africa: Insights into the geodynamics of continental growth. *Precambrian Research*, 376 : 106692.
- USGS, 2024. U.S. Geological Survey, Janvier 2024, Mineral Commodity Summaries. U.S. Government Publishing Office, Washington, DC.
- VALETON, I., 1991. Bauxites and associated terrestrial sediments in Nigeria and their position in the bauxite belts of Africa. *Journal of African Earth Sciences*, 12 (1-2) : 297-310.