



HAL
open science

La Science du régolite en Afrique de l'Ouest : enjeux et actualité de la recherche

Dominique Chardon

► **To cite this version:**

Dominique Chardon. La Science du régolite en Afrique de l'Ouest : enjeux et actualité de la recherche. Pangea infos, 2023, 58, pp.6-10. hal-04281049

HAL Id: hal-04281049

<https://hal.science/hal-04281049v1>

Submitted on 19 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Région de Kongoussi (Burkina Faso) : Couverture latéritique en voie de démantèlement. ©D. Chardon/IRD.

La Science du régolite en Afrique de l'Ouest : enjeux et actualité de la recherche

Dominique Chardon

IRD, Géosciences Environnement Toulouse, Université de Toulouse, France (dominique.chardon@ird.fr)

Extrait de *Pangea Info*, Société Géologique de France [N°58, juillet 2023, pp. 6-10].

1 Le régolite latéritique : intérêts scientifiques et challenges environnementaux

Les latérites résultent de l'altération des roches par les eaux de pluie sous l'action de climats chauds et humides. L'altération ameublie les roches pour produire un manteau sablo-argilo-ferrugineux (le régolite) par lessivage d'éléments chimiques évacués dans les eaux souterraines. Le régolite latéritique est ubiquiste dans la ceinture tropicale, où il contribue à réguler les échanges entre lithosphère, hydrosphère, biosphère et atmosphère à travers ce qui est appelé la *zone critique*. Il forme le substrat des sols et des écosystèmes inter- et péri-tropicaux et renferme d'importantes ressources en eau. En masquant la roche seine (*bedrock*), il complique grandement l'exploration minière. Le régolite tend aussi à concentrer les métaux qui sont peu mobiles au cours de l'altération de telle sorte que son excavation est source de contaminations environnementales. La Science du régolite fournit des outils pertinents pour comprendre et anticiper la réponse des environnements tropicaux aux changements climatiques et aux activités anthropiques, notamment sur des enjeux de développement durable tels que l'exploration et la gestion raisonnées du sous-sol, l'agriculture et la conservation des sols, l'impact minier, l'aménagement ou la recherche de matériaux utiles [1,2].

Des restes de latérites sont communément préservés depuis le début du Cénozoïque, voir depuis le Crétacé, dans leur position de surface originelle. Ces latérites fossiles sont donc à la fois des archives de paléoclimats tropicaux et les reliques d'anciennes surfaces continentales. Elles constituent aussi le principal réservoir de sédiments (régolite) disponible à l'érosion dans la ceinture tropicale. La cartographie des couvertures latéritiques en fonction de leur nature, leur âge et leur position géomorphologique est donc plus qu'un outil de géologie appliquée. Elle ouvre un champ de recherche fécond pour quantifier et comprendre la dynamique des surfaces continentales tropicales à l'échelle des temps géologiques.

Les couvertures latéritiques d'Afrique de l'Ouest sont les plus typées et les mieux documentées au monde. La publication de deux synthèses complémentaires [3,4] fournit l'occasion de faire un point sur les avancées réalisées en Science du régolite sur cette région de référence.

2 La séquence morphoclimatique ouest africaine et la distribution régionale des couvertures latéritiques

La majorité des formes du relief et des latérites associées en Afrique de l'Ouest dérive d'une série de

niveaux géomorphologiques repères (Fig. 1) organisés en séquence, dont les fragments résiduels sont densément répartis sur la sous-région [5-8]. La datation de minéraux formés dans chaque niveau de régolite [9] a révélé le calendrier des périodes d'altération régionale qui ont alterné avec des épisodes de retaille des reliefs (Fig. 1). Ces phases sont reliées à des variations climatiques à l'échelle globale (Fig. 1, [10]).

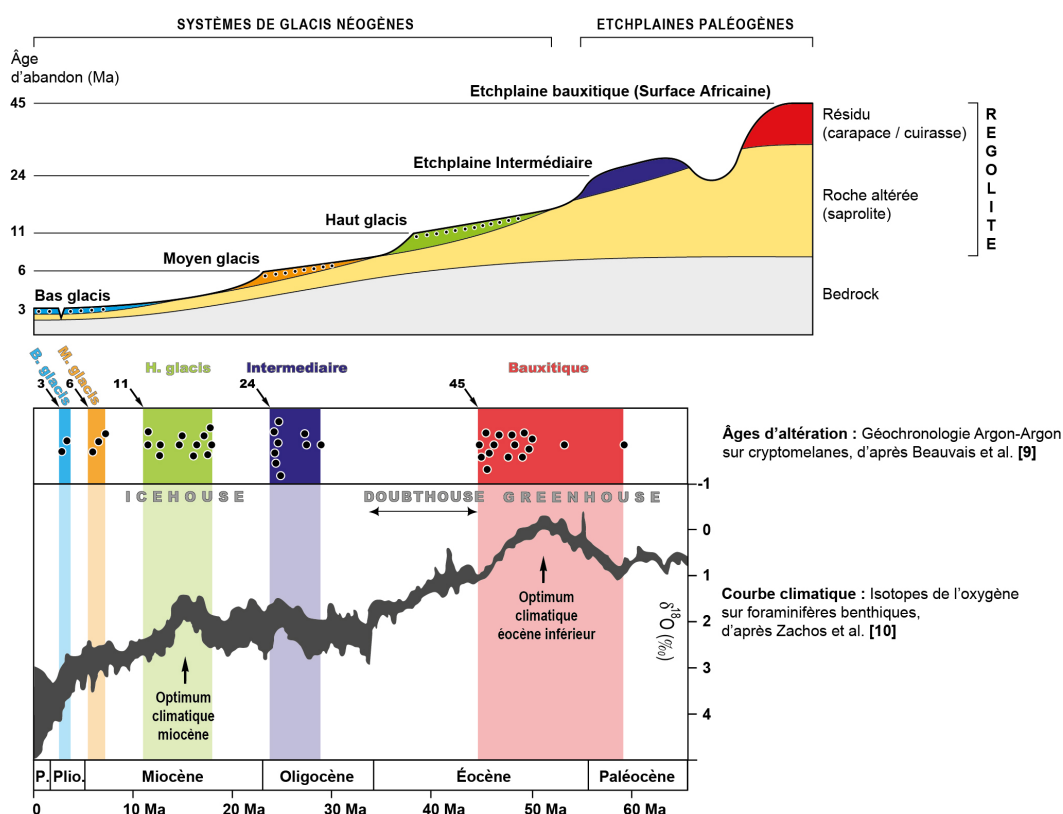


Figure 1. Représentation schématique de la séquence morphoclimatique ouest africaine et calendrier des altérations associées. Modifié d'après [3].

Étant donnés les couplages intimes entre processus érosifs, drainage des eaux souterraines et altération qui contribuent à former et réguler les couvertures latéritiques, les formes du relief et le régolite qui les sous-tend sont intrinsèquement liés. Ils peuvent donc être décrits et cartographiés en tant qu'associations morpho-régolitiques (*landform-regolith associations*). A l'échelle régionale, cette cartographie par photo-interprétation [3], combinée à de nouveaux levés de terrain, est rendue possible par l'intégration des nombreux travaux des géologues et pédologues de l'IRD (ex-ORSTOM) [11] disponibles sur la base Horizon [12] (Fig. 2). Elle révèle une mosaïque d'associations morpho-régolitiques de nature et d'âge différents, liées à la séquence morphoclimatique ouest africaine (Fig. 2).

Près de 50 % de la surface régionale conserve des associations morpho-régolitiques formées au Paléogène et au Miocène. Les deux plus anciennes sont des reliques de surfaces de très faible relief et d'ampleur continentale sous-tendues par un épais (>50 m) manteau d'altération, appelées *etchplains* (francisées ici en *etchplaines*). Les *etchplains* sont le fruit de longues périodes d'altération latéritique intense sous climat particulièrement humide. La plus vieille, appelée aussi *Surface Africaine*, s'est développée depuis le Crétacé supérieur et s'est couverte de cuirasses bauxitiques pendant le pic d'effet de serre de l'Éocène inférieur (<45 Ma). La seconde, appelée *etchplaine intermédiaire*, est scellée par une cuirasse ferrugineuse massive formée à l'Oligocène supérieur (29-24 Ma). Les associations morpho-régolitiques miocènes sont caractérisées par des altérations modérées qui ont affecté des pédiments (pentes d'érosion et de transport faiblement inclinées, typiques des tropiques et des zones arides, appelées aussi glacis). La plus ancienne correspond à l'optimum climatique miocène (18-11 Ma ; système du « Haut glacis ») alors que la seconde marque la dernière altération significative et un cuirassement de la sous-région à la fin du Miocène (7-6 Ma ; système du « Moyen glacis »). Les associations morpho-régolitiques plus jeunes appartiennent à une pédiplaine (plaine faiblement ondulée formée par la coalescence de pédiments) qui occupe tout le reste de l'espace sub-

saharien. Ces associations s'organisent en bandes latitudinales qui attestent de l'établissement, après 6 millions d'années, du gradient climatique moderne observé à travers le continent entre le désert saharien et la forêt équatoriale (Fig. 2).

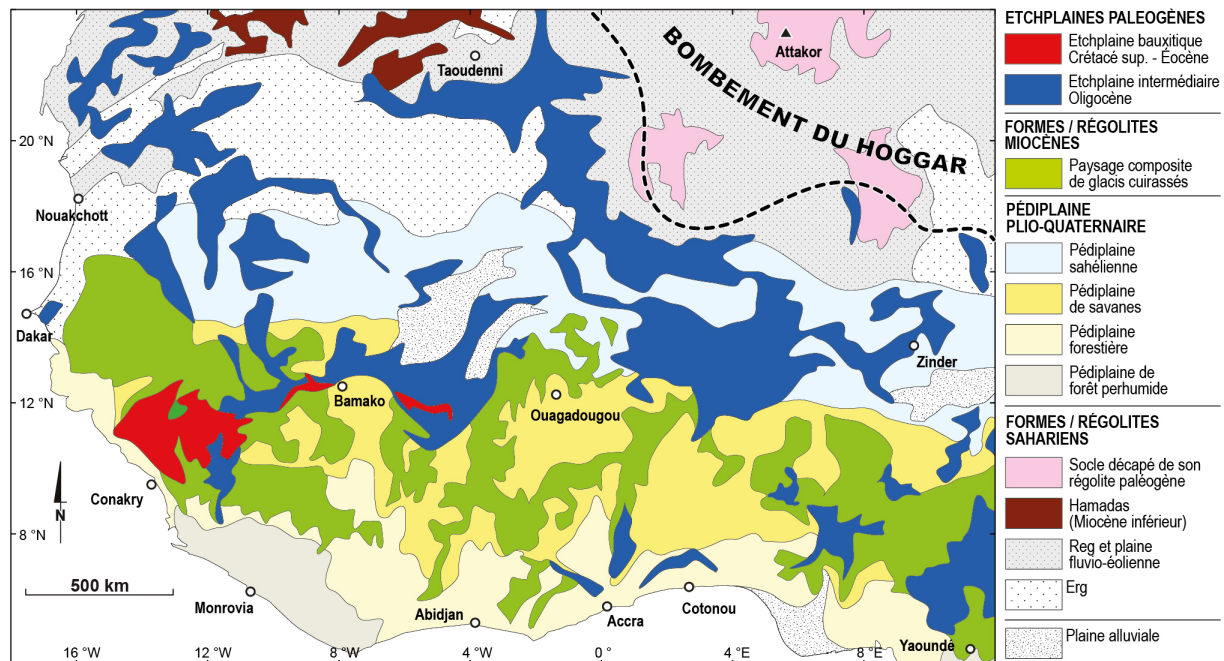


Figure 2. Carte simplifiée des associations morpho-réglolitiques d'Afrique du Nord-Ouest, d'après [3].

Les latérites actuelles sont donc à la fois héritées de climats globaux très anciens et le résultat d'adaptations de la surface du continent africain aux gradients climatique régionaux installés récemment. Chaque famille de latérites régit un mode d'échange spécifique de matière solide, liquide ou dissoute à travers la zone critique. Leur assemblage définit donc la façon dont la surface du continent a enregistré les variations climatiques du passé et réagit au changement climatique en cours.

3 Évolution des reliefs et quantification de l'érosion : contraintes fournies par les latérites

La spatiation des reliques de différentes générations d'associations morpho-réglolitiques d'Afrique sub-saharienne a permis de reconstituer la configuration des reliefs régionaux et des grands fleuves à certaines époques clés depuis le début de la dissection de la etchplaine baultique il y a 45 Ma [8, 13, 14, 16]. Ces études montrent que les grands traits du réseau hydrographique actuel étaient déjà établis il y 30 Ma, c'est-à-dire avant le cuirassement final de la etchplaine intermédiaire [13] et que les grandes zones de rapides le long des fleuves (*knickzones*) étaient, par la plupart, héritées de cette époque [14].

La soustraction des topographies régionales ou des profils longitudinaux de fleuves reconstitués successifs fournit l'estimation des épaisseurs (Fig. 3) et des taux d'érosion régionaux. Les valeurs excèdent rarement 10 m/Ma, les moyennes se situant à 4-7 m/Ma [8, 14-16], ce qui atteste de la très lente évolution des reliefs ouest africains sur le long terme. Une fois rapportées à la surface des bassins versants, les épaisseurs érodées sont converties en volumes qui permettent d'estimer les flux de sédiments détritiques exportés vers l'Océan Atlantique depuis 45 Ma [16]. La comparaison de ces flux avec les volumes sédimentaires accumulés dans les bassins de la marge équatoriale de l'Afrique l'Ouest révèle des ordres de grandeur comparables [16]. Elle constitue en cela une première en termes d'étude intégrée terre-mer du routage sédimentaire de type *source-to-sink* en contexte non-orogénique. L'accélération des flux d'érosion et des taux de sédimentation au cours du Néogène, notamment dans le delta du Niger, est liée au soulèvement et à l'érosion préférentielle du bombement lithosphérique dû au point chaud du Hoggar (Figs. 2 & 3 ; [16]). La diversité des couvertures latéritiques ouest africaines et la richesse de leur documentation font donc de la sous-région un laboratoire unique pour quantifier et comprendre la dynamique des surfaces continentales non orogéniques et leurs systèmes de routage sédimentaire.

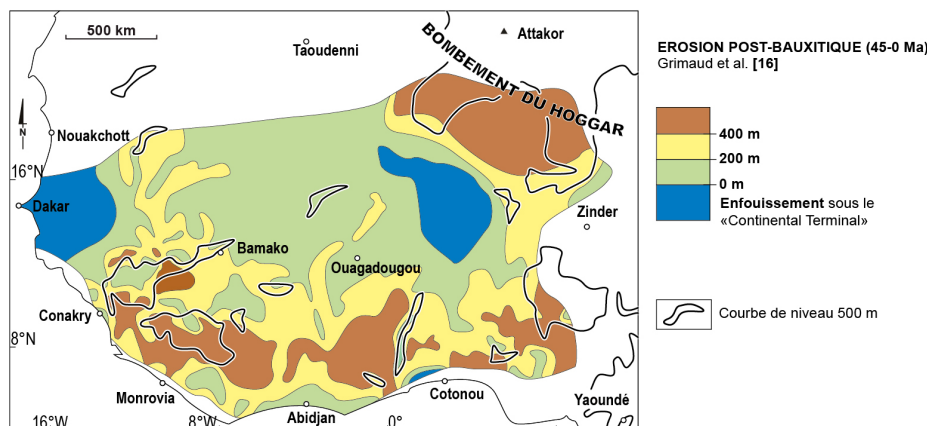


Figure 3. Quantification (en mètres) de l'érosion en Afrique de l'Ouest depuis 45 Ma, calibrée d'après l'incision des reliques de la Surface Africaine éocène (etchplaine bauxitique) par Grimaud et al. [16] (d'après [3]).

4 Cartographie appliquée : représenter le degré de dépendance du régolite vis-à-vis du bedrock

L'écran que forment les latérites vis-à-vis du bedrock est d'autant plus opaque qu'elles ont été transportées sur des glacis avant d'être réaltérées (Fig. 4a ; [4]). Or, l'exploration minière repose sur l'échantillonnage de surface pour détecter les anomalies géochimiques produites par des corps minéralisés profonds dispersés à travers le régolite (Fig. 4b) et toutes les latérites indurées (cuirasses) ont communément été considérées comme en place sur la roche dont elles dérivent par altération [4].

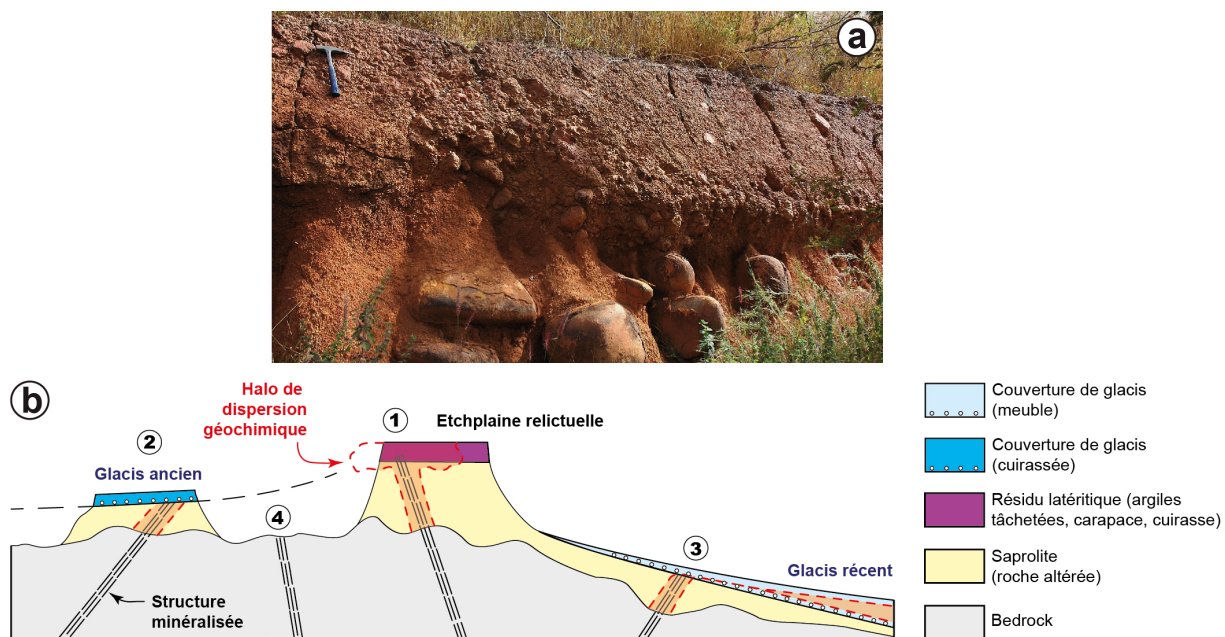


Figure 4. (a) Cuirasse conglomératique de Haut glacis à éléments bauxitiques reposant sur un profil d'altération latéritique tronqué par érosion (© D. Chardon/IRD). (b) Modèles de dispersion géochimique typiques de l'ouest africain, d'après [17]. 1 – Halo en champignon développé dans un profil d'altération complet. Ce type de halo peut signifier des enrichissements métalliques dans le résidu latéritique. 2 – Halo tronqué par l'épandage sédimentaire d'un glacis cuirassé (voir a). 3 – Halo distordu par remaniement de fragments minéralisés ou migration de fluides dans une couverture sédimentaire de glacis. En (2) et (3), la minéralisation n'est pas détectable en surface. (4) Minéralisation en roche difficilement détectable en surface car non dispersée.

La prise en compte des propriétés sédimentaires et géomorphologiques des latérites ouest africaines et des modèles de dispersion qu'elles impliquent [17] a permis l'implémentation d'une nouvelle charte cartographique des associations morpho-régolitiques à haute résolution à des fins de géologie économique.

Cette charte permet de classer les associations morpho-réolithiques en fonction de leur degré de dépendance vis-à-vis du bedrock [17]. Elle fournit, entre autres, des guides pour l'identification de concentrations métalliques dans le réolite, la planification raisonnée de campagnes d'échantillonnage et l'interprétation d'anomalies géochimiques à des fins de prospection. Ce mode de cartographie est transposable au reste de l'Afrique et à la ceinture tropicale en général.

5 Conclusion

La datation absolue des latérites, la démocratisation de l'accès aux images satellites et aux données de topographie digitale (ex : GoogleEarth™) et l'intégration de la documentation morpho-pédologique produite depuis les années 1970 ont permis un renouvellement profond de la Science du réolite en Afrique de l'Ouest. Ce renouvellement permet de décrire l'histoire de la surface du continent africain, de l'interpréter et de développer des outils pertinents de géologie appliquée. Le cas ouest africain et les développements méthodologiques qu'il a suscités ouvrent de nouvelles perspectives à l'échelle du continent et à l'échelle de toute la ceinture tropicale. Les latérites sont la clef de la *géodiversité* des tropiques [18]. Dans le contexte prégnant de changement climatique et face aux enjeux de développement durable, elles doivent recevoir de nouveau toute l'attention qu'elles méritent.

Références

- [1] Thomas, M.F., 1988. Superficial deposits as resources for development — some implications for applied geomorphology. Scot. Geogr. Mag. 104, 72–83. <https://doi.org/10.1080/00369228818736736>
- [2] Ollier, C., Pain, C., 1995. Regolith, soils and landforms. Wiley, Chichester.
- [3] Chardon, D., 2023. Landform-regolith patterns of Northwestern Africa: Deciphering Cenozoic surface dynamics of the tropical cratonic geosystem. Earth-Sci. Rev. 242, 104452. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104452> OPEN ACCESS
- [4] Chardon, D., Grimaud, J.L., Beauvais, A., Bamba, O., 2018. West African lateritic pediments: Landform-regolith evolution processes and mineral exploration pitfalls. Earth-Sci. Rev. 179, 124–146. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.02.009>
- [5] Michel, P., 1973. Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie, étude géomorphologique. Mém. ORSTOM 63, 752p. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:06464> OPEN ACCESS
- [6] Grandin, G., 1976. Aplanissements cuirassés et enrichissement des gisements de manganèse dans quelques régions d'Afrique de l'Ouest. Mém. ORSTOM 82, 276p. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:08271> OPEN ACCESS
- [7] Boulangé, B., Millot, G., 1988. La distribution des bauxites sur le craton ouest-africain. Sci. Géol. Bull. 41, 113–123. <https://doi.org/10.3406/sgeol.1988.1785> OPEN ACCESS
- [8] Beauvais, A., Chardon, D., 2013. Modes, tempo, and spatial variability of Cenozoic cratonic denudation: The West African example. Geochem. Geophys. Geosyst. 14, 1590–1608. <https://doi.org/10.1002/ggge.20093> OPEN ACCESS
- [9] Beauvais, A., Ruffet, G., Henocque, O., Colin, F., 2008. Chemical and physical erosion rhythms of the West African Cenozoic morphogenesis: The (39)Ar-(40)Ar dating of supergene K-Mn oxides. J. Geophys. Res.-Earth Surf. 113, F4007. <https://doi.org/10.1029/2008jf000996> OPEN ACCESS
- [10] Zachos, J.C., Dickens, G.R., Zeebe, R.E., 2008. An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. Nature 451, 279–283. <https://doi.org/10.1038/nature06588> OPEN ACCESS
- [11] Pédro, G., Kilian, J., 1986. Les travaux pédologiques et les études des milieux physiques réalisés par les organismes français de recherche pour le développement dans les régions chaudes, in: Seminar on French Agronomic Research in the Tropics, Washington, World Bank pp. 5–65. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers07/24239.pdf OPEN ACCESS
- [12] <https://horizon.documentation.ird.fr/exl-php/accueil> OPEN ACCESS
- [13] Chardon, D., Grimaud, J.L., Rouby, D., Beauvais, A., Christophoul, F., 2016. Stabilization of large drainage basins over geological time scales: Cenozoic West Africa, hot spot swell growth, and the Niger River. Geochem. Geophys. Geosyst. 17, 1164–1181. <https://doi.org/10.1002/2015gc006169> OPEN ACCESS
- [14] Grimaud, J.L., Chardon, D., Beauvais, A., 2014. Very long-term incision dynamics of big rivers. Earth Planet. Sci. Lett. 405, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.08.021>
- [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. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.04.006>
- [16] Grimaud, J.L., Rouby, D., Chardon, D., Beauvais, A., 2018. Cenozoic sediment budget of West Africa and the Niger delta. Basin Res. 30, 169–186. <https://doi.org/10.1111/bre.12248> OPEN ACCESS
- [17] Sawadogo, B., Bamba, O., Chardon, D., 2020. Landform-regolith mapping in the West African context. Ore. Geol. Rev. 126, 103782. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103782>
- [18] Thomas, M.F., 2011. Sources of geomorphological diversity in the tropics. Rev. Bras. Geomorphol. 12, 47–60. <https://doi.org/10.20502/rbg.v12i0.258> OPEN ACCESS