

Les latérites en environnement tropical, source de métaux d'intérêt économique

Fabrice COLIN¹, Anicet BEAUVAIS¹, Jean-Paul AMBROSI¹ et Daniel NAHON²

¹ IRD, BP A5, 98848 Nouméa cedex, Nouvelle-Calédonie, colin@ird.noumea.nc, ² CEREGE, Aix en Provence, France

Introduction

Le mot Latérite vient du latin *later*, qui signifie « brique ». Buchanan (1807) observe des sols rouges d'Inde, sols qui durcissent à l'air et que les Indiens utilisent alors pour faire des briques et construire leurs habitations.

Aujourd'hui, on nomme latérites les manteaux d'altération, épais de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres, issus de l'altération météorique de la lithosphère sous des climats tropicaux.

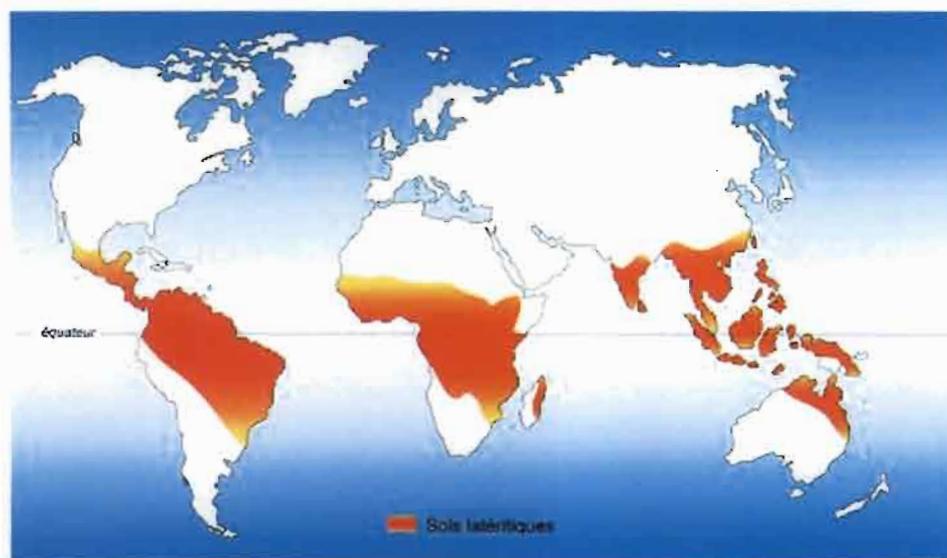


Figure 1 : Domaine intertropical de formation et préservation des latérites (D'après Pedro, 1968)

À l'échelle du Globe terrestre, les latérites couvrent un tiers des surfaces émergées, la majorité se trouvant dans le domaine intertropical qui couvre pour sa part près de 40 % des terres émergées comme le montre la figure 1. Ce sont des formations anciennes de plusieurs millions d'années.

Les latérites sont les produits résiduels de la dénudation chimique et physique sélective des roches, recyclant les éléments les moins mobiles sous des formes minéralogiques en équilibre avec les conditions d'altération de la surface de la Terre, comme les oxyhydroxydes métalliques et les argiles. Elles peuvent constituer alors des métallotèques recelant des concentrations métallifères (Al, Fe, Mn,

Ni, Cu, Co, Cr, Ti, Au, Ag, Pt), dont certaines sont d'intérêt économique pour les pays de la zone intertropicale (Nahon et al., 1992).

Bien que dépourvues d'éléments nutritifs, les latérites sont le substrat indispensable des écosystèmes intertropicaux (savanes, forêts) comme ceux d'Afrique, d'Amérique du Sud ou d'Indonésie. On mentionnera aussi ceux de Nouvelle-Calédonie qui se développent et évoluent sur des sols riches en nickel et autres métaux (Cr, Mn, Co), et qui nourrissent néanmoins de nombreuses espèces végétales endémiques.

Les manteaux d'altération latéritiques constituent également des aquifères, importantes ressources en eau pour l'aménagement agricole et le développement du monde rural intertropical, mais qui peuvent s'avérer fortement perturbées lors des excavations minières.

Les latérites sont donc des objets de recherches scientifiques multi-approches et multi-échelles qui nécessitent des études multidisciplinaires intégrées.

Historique de l'étude des latérites

Dès le début du XX^e siècle, les géographes s'intéressent aux paysages latéritiques du Brésil, et de l'Afrique de l'Ouest. Ils tentent d'établir des correspondances entre les surfaces latéritiques à l'échelle régionale et de lier ces surfaces et les formations associées à des processus d'altération et d'érosion mécanique successifs. Ils sont les premiers à décrire les latérites comme des sols très anciens.

L'utilisation des microscopes photoniques permet d'étudier la minéralogie des latérites, avec en particulier, l'école de Georges Millot à partir des années 60, les études ayant surtout porté sur les argiles (Millot, 1964). Puis l'école de pétrologie des altérations (Delvigne, 1965 ; Nahon, 1991 ; Tardy, 1993) précise les relations à l'échelle micrométrique entre les minéraux primaires et les minéraux secondaires qui se succèdent à partir des fronts d'altération jusqu'en surface. Ces auteurs mettent ainsi en évidence les processus chimiques et minéralogiques qui caractérisent les paragenèses latéritiques (Ambrosi et Nahon, 1986). Parallèlement, les études géochimiques de thermodynamique et cinétique de l'école américaine (Garrels et Christ, 1965 ; Berner, 1971 ; Helgeson, 1971) précisent les conditions physico-chimiques qui contrôlent les réactions de dissolution des minéraux primaires et de précipitation des phases secondaires.

Depuis les années 80, les latérites sont étudiées à l'échelle des bassins versants, dans leurs liens avec les différentes sphères (biosphère, hydrosphère, atmosphère) et les bilans de masses transférées sont calculés d'une sphère à l'autre. Parallèlement, les études de géomorphologie quantitative, de datation absolue, de traçage de condition de formation par géochimie isotopique permettent non seulement de qualifier et de quantifier les processus d'altération latéritique mais aussi de lier les formations latéritiques aux climats qui prévalaient lors de leur mise en place et de leurs évolutions successives. Les latérites sont le résultat de cycles alternants d'altération et d'érosion au gré des changements climatiques (Beauvais, 1999), et sont pour cela, considérées comme des archives paléoclimatiques (Tardy et Roquin, 1998).

Processus d'altération, formation des latérites

La formation des latérites est initiée dès la dissolution chimique des minéraux primaires des roches des substrats géologiques des cratons de la ceinture intertropicale sous l'influence des eaux météoriques et de la température. Ce premier processus induit l'évacuation différentielle des produits de dissolution des roches (altération chimique) par les eaux. Les éléments les plus mobiles comme le silicium, le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium sont les premiers à passer en solution pour être évacués par les eaux de nappes et de rivières. En revanche, les métaux comme l'aluminium, le fer, le manganèse, le nickel et le cuivre, mais aussi des métaux précieux comme l'or et le platine, restent piégés au sein des profils d'altération associés aux phases minérales oxy-hydroxylées et oxydées secondaires.

Processus d'érosion, destruction des latérites, accumulations sédimentaires

Un second processus concerne l'évacuation des matériaux d'altération secondaires par les rivières et les fleuves (érosion mécanique). Les produits solides ainsi évacués sont accumulés soit dans des dépressions topographiques (bassins sédimentaires intracontinentaux) soit transportés jusqu'aux mers et océans. Un tel processus peut-être poussé jusqu'à la dénudation complète des manteaux d'altération, laissant apparaître à nouveau les roches des substrats géologiques. À titre d'exemple les dômes granitiques (« Inselbergs ») d'Australie, d'Inde, de l'Afrique sub-sahélienne et du Brésil constituent les anciennes reliques géomorphologiques d'un tel processus.

Dans leur ensemble, les paysages latéritiques des zones intertropicales résultent d'une longue évolution où altération et érosion ont alterné sur plusieurs dizaines de millions d'années. De tels paysages montrent à la fois les témoins géomorphologiques de grandes périodes d'altération (plateaux latéritiques à profils épais) mais aussi d'érosion (dépressions et alvéoles aux pieds et entre les plateaux reliques).

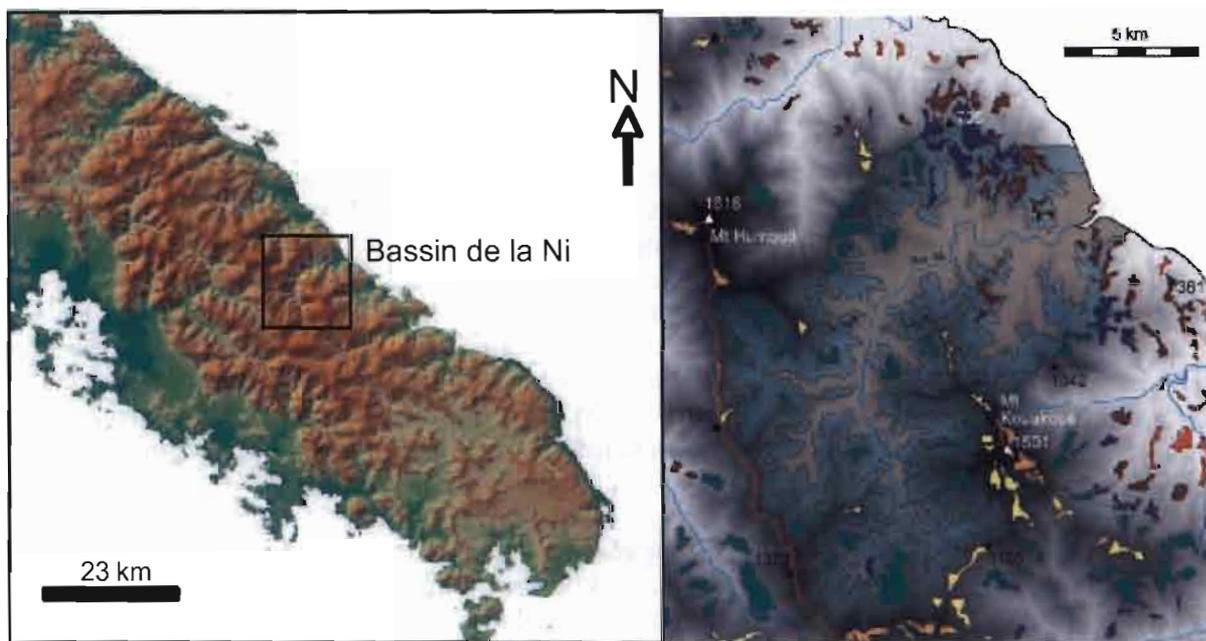


Figure 2 : Distribution des surfaces d'aplanissement (couleurs vives) et des alvéoles d'érosion (bleu clair et beige) dans le bassin de la Ni en Nouvelle-Calédonie, localisé sur le modèle numérique de terrain (Chevillotte, 2005).

À titre d'exemple, la cartographie géomorphologique numérique des surfaces latéritiques et des surfaces d'érosion de Nouvelle-Calédonie (Fig. 2) a permis de reconstituer l'histoire des paysages de cette île depuis la mise en place des péridotites, il y a 34 Ma. Les influences des variations climatiques et des mouvements tectoniques sur le façonnement d'un tel paysage ont été définies (Chevillotte, 2005).

Processus d'altération supergène, genèse des gisements métallifères

Lorsque les processus d'altération chimique l'emportent sur les processus d'érosion mécanique, sur de grandes périodes de temps, de véritables gisements métallifères latéritiques d'intérêt économique peuvent se former par le jeu de la mobilité différentielle des éléments au cours de la dissolution des roches des cratons de la zone intertropicale (Fig. 3).

À titre d'exemples, des études ont été menées sur les processus et modes d'enrichissement de l'or en milieu latéritique (placers, accumulations dans les profils d'altération), et sur les processus d'altération ayant conduit à la formation et l'évolution des gisements manganésifères du Brésil et d'Afrique.

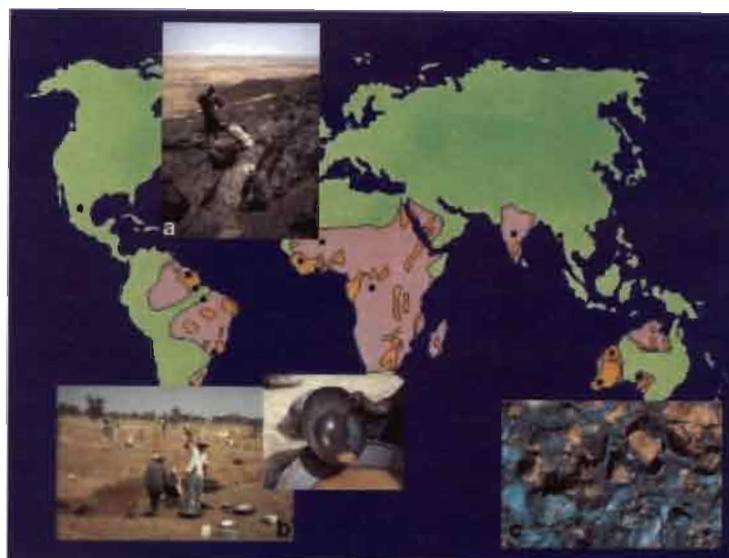


Figure 3 : Répartition des grandes provinces aurifères en jaune et manganésifères (points noirs) sur les boucliers de la zone intertropicale (rose) ; a : gisement manganésifère de Tambao et b : travail de l'orpaillage au Burkina Faso, c : garniérite nickélifère de Nouvelle-Calédonie.

Les avancées sur les méthodes isotopiques de datation absolue des latérites manganésifères d'Afrique et du Brésil (Vasconcelos, 1994 ; Ruffet et al., 1996 ; Hénocque et al., 1998) ont par ailleurs permis d'appréhender l'histoire ancienne de ces latérites en relation avec les changements climatiques et géomorphologiques, faisant intervenir en alternance les processus d'altération et d'érosion. De même la vitesse des processus d'érosion est quantifiable grâce aux mesures de production in situ de ^{10}Be dans les grains de quartz (Braucher et al., 1998).

Des études actuelles portent sur les processus supergènes de formation des gisements nickélifères et de concentration du platine dans les manteaux d'altération latéritique de Nouvelle-Calédonie (Traore, 2005). Sur ce territoire, les études visent aussi à définir l'impact environnemental de l'exploitation et l'industrie du nickel et les relations entre les sols riches en métaux et les plantes endémiques (Perrier et al., 2004).

Industrie minière, développement économique et environnement

La conciliation entre développement économique par valorisation des ressources minières et préservation de l'environnement à travers ses ressources biologiques et hydrologiques est une préoccupation de premier ordre pour les pays de la zone intertropicale.

Comment la recherche peut accompagner un tel développement économique tout en respectant l'environnement, ses ressources en eau et sa biodiversité ?

Des recherches pluridisciplinaires et multi-échelles contribuent à une meilleure caractérisation des écosystèmes naturels englobant la lithosphère, la biosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère pour mieux évaluer les risques induits par l'industrie minière, notamment en milieu insulaire. En effet, l'impact des activités anthropiques sur l'environnement pris dans sa globalité est d'autant mieux évalué que les recherches fondamentales menées en amont de ces activités en fixent les conditions limites.

Des collaborations régionales et internationales, dans le cadre de projets fédérateurs à vocation scientifique et technique, fondamentale et appliquée, doivent donner des éléments de réponse aux questions posées par le développement économique.

Références bibliographiques

- Ambrosi J-P., Nahon D. (1986). Petrological and geochemical differentiation of lateritic iron crust profiles. *Chem. Geol.*, 57, 371-393.
- Beauvais A. (1999). Geochemical balance of lateritization processes and climatic signatures in weathering profiles overlain by ferricretes in central Africa. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 63, 23/24, 3939-3957.
- Berner R.A. (1971). Principles of chemical sedimentology. Mc Graw Hill, New York, 240 p.
- Braucher R., Colin F., Brown E.T., Bourlès D.L., Bamba O., Raisbeck G.M., Yiou F., Koud J.M. (1998). African laterite dynamics using in situ-produced ^{10}Be . *Geochim. Cosmochim. Acta*, 62, 1501-1507.
- Buchanan F. (1807). A journey from Madras through the Countries of Mysore, Kanara and Malabar. East India Company, London, 2, 440-441.
- Chevillotte V. (2005). Morphogenèse tropicale en contexte épirogénique modéré ; exemple de la Nouvelle-Calédonie (Pacifique Sud-Ouest). Thèse Doctorat Univ. De Nouvelle-Calédonie, Nouméa, 166 p.
- Delvigne J. (1965). Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique. Mém. ORSTOM, Paris, 13, 177 p.
- Garrels R. M., Christ C. L. (1965). Solutions, minerals and equilibria. Harper and Row, New York, 450 p.
- Helgeson H.C. (1971). Kinetics of mass transfer among silicates and aqueous solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 33, 455-481.
- Hénocque O., Ruffet G., Colin C., Féraud G. (1998). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of West African lateritic cryptomelanes. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 62, 2739-2756.
- Millot G. (1964). Géologie des argiles. Masson, Paris, 499 p.
- Nahon D. (1991). Introduction to the petrology and chemical weathering. John Wiley & Sons, London 313 p.
- Nahon D., Boulangé B., Colin F. (1992). Metallogeny of weathering : an introduction. In Weathering, soils & Paleosols, Martini I. P. & Chesworth W. (Eds), Developments in Earth Surface Processes 2, 17, 445-467.
- Pedro G. (1968). Distribution des principaux types d'altération chimique à la surface du globe. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, 10, 5, 457-470.
- Perrier N., Colin F., Jaffré T., Ambrosi JP., Rose J., Bottero J-Y. (2004). Nickel speciation in *Sebertia acuminata*, a plant growing on a lateritic soil of New Caledonia. *C. R. Geoscience*, 336, 567-577.
- Ruffet G., Innocent C., Michard A., Féraud G., Beauvais A., Nahon D., Hamelin B. (1996). A geochronological $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ study of K-Mn oxides from the weathering sequence of Azul (Brazil). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60, 2219-2232.
- Tardy Y. (1993). Pétrologie des latérites et des sols tropicaux. Masson, Paris, 535 p.
- Tardy Y., Roquin C. (1998). Dérive des continents, paléoclimats et altérations tropicales. Editions BRGM, Orléans, 473 p.
- Traore D. (2005). Serpentinisation hydrothermale et altération latéritique des roches ultrabasiqes en milieu tropical : Evolution géochimique et minéralogique de la minéralisation en platine de la rivière des Pirogues, (Nouvelle-Calédonie). Thèse Doctorat Univ. de Nouvelle-Calédonie, Nouméa, 193 p.
- Vasconcelos P. M., Renne P. R., Brimhall G.H., Becker T.A. (1994). Direct dating of weathering phenomena by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and K-Ar analysis of supergene K-Mn oxides. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 58, 1635-1665.

Assises de la Recherche Française dans le Pacifique



Actes des Assises

24-27 août 2004, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

www.assises-recherche-pacifique.org
arfp2004@offratel.nc