
Paléaltérations mésozoïques et cénozoïques en Ardenne et ses bordures : caractérisation, datation et reconstitution géométrique des paléosurfaces associées et analyse de leurs déformations successives

Florence QUESNEL (1)
Johan YANS (2)
Christian DUPUIS (2)
Robert WYNS (1)
Hervé THÉVENIAUT (1)
Alain DEMOULIN (3)

*Mesozoic and Cenozoic paleoalteration in the Ardennes and the surrounding area.
Characterisation dating and geometric reconstruction of the associated paleosurfaces and
analysis of their successive deformation*

Géologie de la France, n° 1-2, 2006, pp. 99-102, 3 fig.

Mots-clés : Altération météorique, Mésozoïque, Cénozoïque, Paléaltération, Paléosurface, Belgique, Luxembourg, Allemagne, Département des Ardennes, Massif Ardennais

Key words: Weathering, Mesozoic, Cenozoic, Paleoweathering, Paleosurfaces, Belgium, Luxembourg, Germany, Ardennes France, Ardennes

Résumé

Depuis la fin de l'orogénèse varisque, il y a environ 300 Ma, le territoire couvrant le Nord-Est de la France, la Belgique, le Luxembourg et le Nord-Ouest de l'Allemagne a connu une succession de phases de dépôts en domaine de bassin peu profond (mer épicontinentale) et d'altérations météoriques, ces dernières oblitérant tout ou partie de l'enregistrement sédimentaire. Plus encore que dans les zones de bassin, il est toujours particulièrement difficile de reconstituer l'histoire géologique continentale sur le socle hercynien (et plus ancien) et ses bordures, en raison précisément de ces altérations et de l'érosion qui y ont prédominé. L'absence d'interface sédimentaire continu ne permet ainsi normalement pas de quantifier les déformations verticales ayant affecté ces zones. Aussi doit-on utiliser d'autres marqueurs géologiques, telles les paléosurfaces continentales.

Pour modéliser la géométrie des paléosurfaces continentales, il est nécessaire de compiler, critiquer et valider tous les indices disponibles, voire dans certaines zones pauvres en information de retourner étudier sur le terrain les nouvelles coupes exposant des paléaltérations, ou bien de les explorer à l'aide de sondages. Afin de disposer de calages temporels, permettant d'attribuer les indices d'altération à l'une ou l'autre des paléosurfaces considérées, il faut également mettre en oeuvre différentes méthodes de datation sur ces coupes et indices.

Le travail présenté à cette conférence a consisté à :

- synthétiser, critiquer, valider et illustrer les travaux anciens et récents menés sur les paléaltérations et paléosurfaces ayant affecté le socle paléozoïque et les terrains méso-cénozoïques, plus particulièrement les épisodes du Crétacé inférieur et du Paléogène et dans une moindre mesure ceux du Permien à Jurassique inférieur et du Néogène ;
- réaliser quelques études plus précises de certains profils d'altération et dater ceux-ci (fig. 1 et 2) à l'aide de différentes méthodes (biostratigraphie, paléomagnétisme, géochronologie) ;
- à partir de l'ensemble de ces données, reconstituer au format numérique à l'échelle du 1/1 000 000 la géométrie actuelle des paléosurfaces continentales infracrétacée et éocène ;
- discuter des processus géodynamiques ayant opéré pour induire ces paléaltérations et façonner les paléosurfaces afférentes, notamment la tectonique globale qui seule (c'est-à-dire quel que soit le contexte climatique et eustatique) peut produire des mouvements verticaux de la lithosphère à grande longueur d'onde et exposer à l'altération continentale des domaines très importants, et à échelle plus locale les rejeux de structures antérieures, principalement varisques.

(1) BRGM, 3 avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans, cedex 2, France

(2) Faculté Polytechnique de Mons, Géologie Fondamentale et appliquée, Rue de Houdain, 9, B-7000 Mons, Belgique

(3) Unité de Géographie physique et Quaternaire, Université de Liège, Sart Tilman, Bât. B11, B-4000, Belgique

Les limites de l'exercice tiennent essentiellement au manque d'outil et de méthodes pour reconstituer la géométrie initiale des paléosurfaces étudiées, c'est-à-dire produire des cartes de paléoaltitudes lors d'épisodes choisis. Des hypothèses peuvent être émises, mais, en l'absence de certitude, la suite du raisonnement n'est au mieux que spéculative. Ces hypothèses pourront néanmoins être testées à l'occasion de modélisations numériques de l'évolution des paysages sur le long terme.

Enfin, outre les âges obtenus pour les paléoaltérations, le renouvellement des connaissances sur les paléosurfaces, et les apports concernant les mouvements verticaux de la lithosphère dans cette zone, les résultats acquis peuvent directement être appliqués en géoprospective ou pour reconstituer les paléocirculations hydrogéologiques en travaillant sur leurs bassins versants au sens large. Un exemple en est fourni sur la figure 3 pour le Crétacé inférieur, période où la zone concernée était très largement en domaine continental (Thiry et al., sous presse).

Abstract

Since the end of the Variscan orogeny, the area encompassing north-eastern France, Belgium, Luxembourg and north-western Germany experienced successive episodes of marine deposition and continental weathering, the latter occulting part or all of the sedimentary record. Even more than in the basin areas, reconstructing the evolution of that part of the basement which remained continental for most of the Mesozoic and the Cenozoic is particularly difficult, precisely because weathering and erosion prevailed there. The lack of continuous sedimentary interface usually does not allow quantifying the vertical deformations of these regions. Therefore other geological indicators must be used, such as the continental paleosurfaces.

Modelling the geometry of the paleosurfaces implies to compile, review and validate all the available indications, to gather new field observations in poorly investigated areas and to carry out auger- or boreholes. To date, at least approximately, the weathering occurrences and to ascribe those to one or another paleosurface require the use of various dating methods.

The work exposed during this conference consisted in:

- synthesizing, criticizing, validating and illustrating the old and recent works devoted to the paleoweathering and paleosurfaces of the Paleozoic basement and the Meso-Cenozoic formations, more particularly the Early Cretaceous and Paleogene episodes and to a less extent those of the Permian to Liassic and of the Neogene;
- achieving precise studies of some weathering profiles and dating them (fig. 1 and 2) by different methods (biostratigraphy, paleomagnetism, radiometric dating);
- from all the data, reconstructing digitally and at 1/1 000 000 scale the present geometry of the Lower Cretaceous and Paleogene paleosurfaces;
- discussing the geodynamic processes involved in the development of paleoweathering and the associated paleosurfaces :
- especially the global tectonics which alone (i.e. whatever the climatic and eustatic context) is able to induce long-wave lithospheric vertical movements and expose considerable realms to weathering,
- and to a local extent the reactivation of Variscan structures.

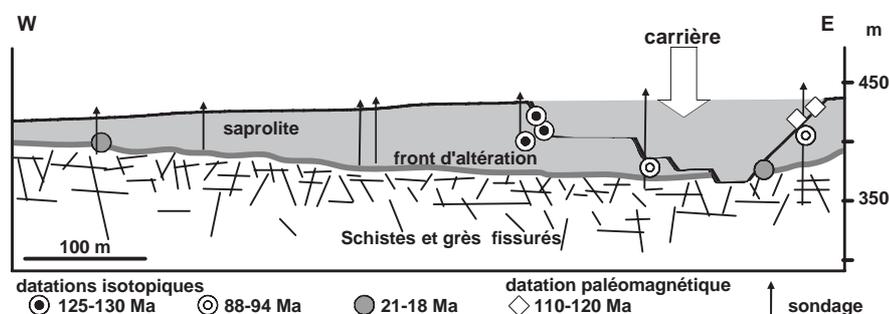


Fig. 1.- Allure schématique de la saprolite de Transinne (Haute-Lesse, Ardenne, Belgique). La carrière entaille un profil d'altération épais d'environ 65 mètres. Les âges du profil, issus de plusieurs méthodes indépendantes de datation, sont globalement de plus en plus jeunes en profondeur, suggérant un enfoncement progressif du front d'altération (Yans, 2003).

Fig. 1.- Schematic sketch of the Transinne saprolite (Haute-Lesse, Ardenne, Belgium). The quarry cuts a 65 m thick weathering profile. The ages of the profile are obtained from several independent dating methods. The ages decrease with depth, suggesting a downward progression of the paleoweathering front (Yans, 2003).

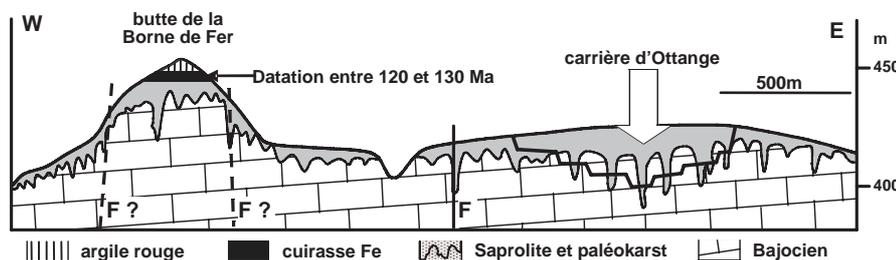


Fig. 2.- Coupe géologique en travers de la Butte de la Borne de Fer et de la carrière d'Ottange (Moselle, France), montrant la répartition des faciès d'altération (paléokarsts, saprolite, ferricrète et argile rouge à nodules). La butte domine d'environ 30 m le plateau qui est attribué à la surface paléogène (Quesnel et al., 2003 ; Quesnel et al., soumis ; Théveniaut et al., soumis). Les profils d'altération, formés aux dépens des calcaires et marnes bajociens, sont épais de 15 à plus de 40 m, selon que l'on se trouve à l'aplomb d'une poche karstique ou non.

Fig. 2.- Geological section across the "Borne de Fer" butte and the Ottange Quarry (Moselle, France) showing the distribution of the weathering facies (paleokarst, ferricrete and red clay with nodules). The butte overlooks of around 30 m the plateau which is ascribed to the Paleogene surface (Quesnel et al., 2003; Quesnel et al., submitted; Théveniaut et al., submitted). The weathering profiles formed at the expense of the Bajocian limestones and marls are from 15 to more than 40 m thick depending on their location above a karstic pocket or not.

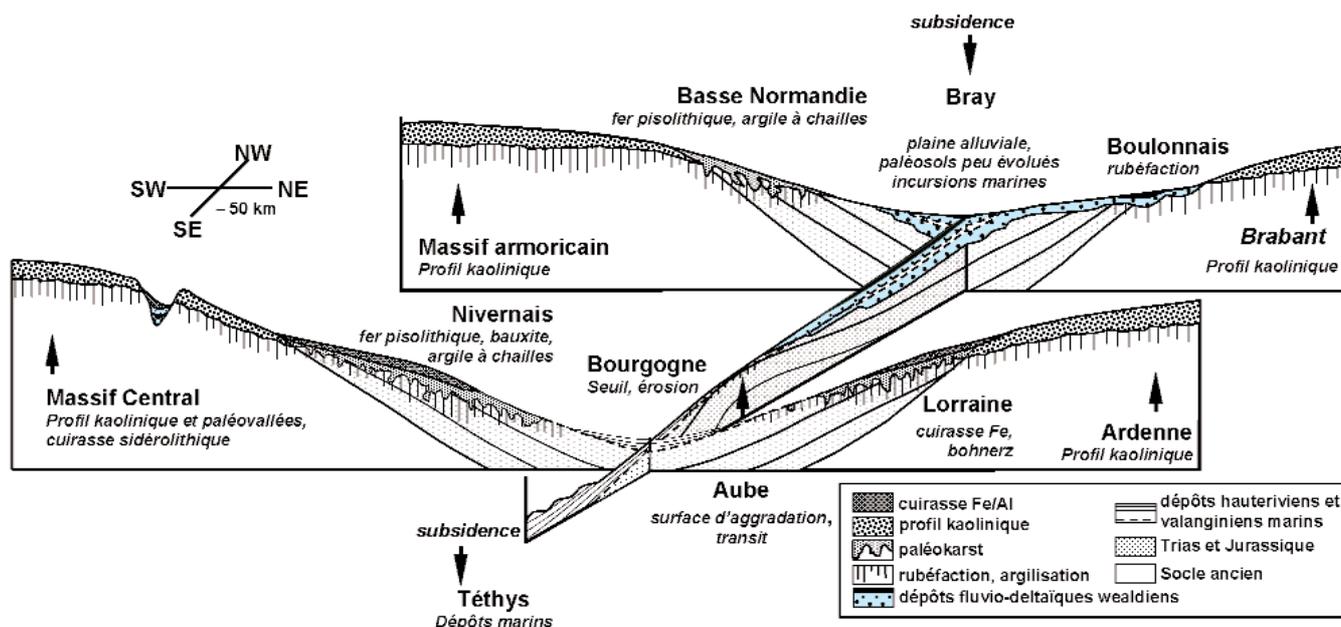


Fig. 3.- Schéma structural de la gouttière wealdienne et de ses bordures au Barrémien. Modifié d'après Thiry *et al.*, sous presse et Quesnel *et al.*, soumis. A l'Hauterivien et au Valanginien, le complexe fluvio-deltaïque wealdien s'est accumulé dans une vaste plaine d'inondation en liaison avec la Téthys au sud-est par de larges golfes et des incursions marines. Ensuite, en arrière du seuil de Bourgogne, individualisé après le Valanginien et avant l'Albien, se déposent majoritairement des argiles riches en kaolinite. Les paléooltérations sont d'autant plus intenses et matures qu'on s'éloigne de l'axe de la gouttière, c'est là le résultat des effets conjugués de l'altitude et du temps de continentalisation.

Fig. 3.- Structural sketch of the Wealden trough and its edges during the Barremian. Modified after Thiry *et al.*, in press and Quesnel *et al.*, submitted. During the Valanginian and the Hauterivian, the fluvio-deltaic Wealden complex accumulated in a wide flood plain connected to the Tethys south-eastwards by wide gulfs and marine incursions. Then, behind the Burgundy threshold individualised after the Valanginian and before the Albien, the sedimentation is dominated by kaolinitic clay. Due to the combined effects of elevation and emersion duration, paleoweathering is more intense and mature farther away from the trough axis.

Our results are mainly limited by the lack of tools and methods to reconstruct the initial geometries of the studied paleosurfaces, i.e. to perform paleoelevation maps for given times. Hypotheses may be expressed, but reasoning relying on uncertain assumptions is at best speculative. Nevertheless those hypotheses may be tested by performing numeric modelling of long-term landscape evolution.

Finally, besides the ages obtained for paleoweathering features, the renewal of the knowledge about paleosurfaces, and the contributions concerning the lithospheric vertical movements in this area, our results can directly be applied for geoprospective studies or to reconstruct the hydrogeological paleocirculations by working on their catchments *sensu lato*. An example is shown on figure 3 for the Early Cretaceous, an episode during which the studied area was mainly continental (Thiry *et al.*, in press).

Bibliographie

Quesnel F., Théveniaut H., Voisin L., Wyns R. (2003) - The « Pierres de Stonne » and the « Borne de fer », as main features of Meso-Cenozoic paleoweathering of the Upper Lorraine and Ardennian Thiérache areas (Ardennes and Moselle departments, France), Field trip guide, *In: Paleoweathering and paleosurfaces in the Ardennes-Eifel region - Preizerdaul - Luxembourg - 14-17/05/2003*, Géologie de la France, Orléans: Editions BRGM, 1, supplément, 11-28, 18 fig.

Quesnel F., Yans J., Dupuis C., Wyns R., Théveniaut H., Demoulin A., Giot D., Farjanel G., Spagna P., Baele J.-M., De Putter T., Vergari A., Colbach R., Vandycke S., Hennebert M., Lacquement F., Brulhet J. - Les paléooltérations et paléosurfaces méso-cénozoïques au Nord-Est de la France, en Belgique et au Luxembourg : synthèse des connaissances, nouvelles données et implications géodynamiques, soumis à *Géologie de la France*.

Théveniaut H., Quesnel F., Wyns R., Hugues G. - Paleomagnetic dating of the « Borne de Fer » ferricrete (Nord-Est France) - Lower Cretaceous continental weathering, submitted on December 2005 to *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*

Thiry M., Quesnel F., Yans J., Wyns R., Vergari A., Théveniaut H., Simon-Coinçon R., Ricordel C., Moreau M.-G., Giot D., Dupuis C., Bruxelles L., Barbarand J., Baele J.-M. (sous presse) - Continental France and Belgium during the Early Cretaceous : paleoweatherings and paleolandforms, accepté au *Bull. Soc. géol. Fr.* en novembre 2005.

Yans J. (2003) - Chronologie des sédiments kaoliniques faciès wealdiens (Barrémien moyen-Albien supérieur ; Bassin de Mons) et de la saprolite polyphasée (Crétacé inférieur et Miocène inférieur) de la Haute-Lesse (Belgique). Implications géodynamiques et paléoclimatiques. Thèse de doctorat inédite, Faculté Polytechnique de Mons & Université de Paris-Sud Orsay, 316 p.

Cette conférence reprend un ensemble de travaux pluridisciplinaires effectués ces 35 dernières années en France, Belgique, Luxembourg et Allemagne du Nord-Ouest. Un de nos brillants précurseurs fut Léon Voisin. Beaucoup de ces travaux sont publiés dans un numéro spécial de *Géologie de la France* consultable en ligne gratuitement (<http://geolfrance.brgm.fr/>). Le présent résumé est également celui d'une longue note de synthèse soumise à *Géologie de la France* (Quesnel *et al.*, soumis) où toutes les références bibliographiques pourront être trouvées.

This conference shows a whole set of pluridisciplinary works carried out the last 35 years in France, Belgium, Luxembourg and NW Germany. One of our brilliant precursors was Léon Voisin. Many of these works are published in a special issue of the review "*Geology of France and surrounding areas*" free available online (<http://geolfrance.brgm.fr/>). The present abstract is also the one of a long synthesis paper submitted to "*Geology of France and surrounding areas*" (Quesnel *et al.*, submitted) where all the bibliographic references may be found.