

VIII. Aplanissement karstique dans le Jura

Daniel Aubert, Michel Pochon

Citer ce document / Cite this document :

Aubert Daniel, Pochon Michel. VIII. Aplanissement karstique dans le Jura. In: Sciences Géologiques. Bulletin, tome 30, n°4, 1977. Géochimie de la surface et formes du relief. pp. 297-302;

doi : <https://doi.org/10.3406/sgeol.1977.1526>

https://www.persee.fr/doc/sgeol_0302-2692_1977_num_30_4_1526

Fichier pdf généré le 15/06/2018

Résumé

Dans la chaîne du Mont -Tendre du Jura, pour chaque banc calcaire affleurant en «minicuesta», l'érosion frontale est favorisée par rapport à l'érosion dorsale. Interfèrent ablation, altération et pédogenée, qui expliquent l'érosion latérale banc par banc des séries calcaires, l'érosion plus rapide des voûtes anticlinales et la protection des dépressions qui s'étendent par attaque de leur périphérie. L'intégrale de ces mécanismes aboutit à un aplanissement, surprenant en pays karstique où l'on attendrait une érosion à caractère vertical. On définit ainsi l'aplanissement karstique.

Abstract

On the «Mont-Tendre», swiss Jura, for every calcareous bed outcropping in the form of «minicuesta», frontal erosion is favoured in comparison with the dorsal one. Ablation, weathering and pedogenesis combine, which explain the lateral erosion, bed by bed, of the calcareous series, the more rapid erosion of anticlinal structures and the protection of depressions, developing by attack of their periphery. The integral of these mechanisms results in a leveling which is striking in a karstic country, where a vertical erosion is rather expected. Karstic leveling is thus defined.

Zusammenfassung

In der Gebirgskette des Mont-Tendre im schweizer Jura ist für jede Kalkbank, die in Form einer «minicuesta» aufgeschlossen ist, die frontale Erosion gegenüber der dorsalen begünstigt. Überlagerte Abtragungsprozesse, Verwitterung und Bodenbildung, erklären die laterale Erosion Bank für Bank der kalkreichen Serien, die schnellere Erosion der Antiklinal-Strukturen und den Schutz der Senken die sich infolge der Verwitterung an ihrer Peripherie weiter ausdehnen. Die Summe dieser Mechanismen führt zu einer Einebnung was in einer Karstgegend überrascht, wo man eine Erosion mit vertikalem Charakter erwarten könnte. Man erklärt so die Einebnung von Karstgebieten.

GÉOCHIMIE DE LA SURFACE ET FORMES DU RELIEF VIII. APLANISSEMENT KARSTIQUE DANS LE JURA

Daniel AUBERT* et Michel POCHON**

RÉSUMÉ. — Dans la chaîne du Mont-Tendre du Jura, pour chaque banc calcaire affleurant en «minicuesta», l'érosion frontale est favorisée par rapport à l'érosion dorsale. Interfèrent ablation, altération et pédogenèse, qui expliquent l'érosion latérale banc par banc des séries calcaires, l'érosion plus rapide des voûtes anticlinales et la protection des dépressions qui s'étendent par attaque de leur périphérie. L'intégrale de ces mécanismes aboutit à un aplanissement, surprenant en pays karstique où l'on attendrait une érosion à caractère vertical. On définit ainsi l'aplanissement karstique.

Dans la chaîne anticlinale du Mont-Tendre (vallée de Joux, Jura vaudois), les niveaux marneux tiennent peu de place et les sols, rabotés par la dernière glaciation, sont minces. Ce Jura rocheux, où les calcaires affleurent presque partout, se prête donc à l'étude du relief karstique et de son évolution.

La surface y est conforme à la structure (fig. 3), en ce sens qu'elle épouse, en l'émoissant, la forme des plis, au point qu'il s'en dégage une impression d'uniformité, voire de sénilité, en dépit de ses accidents morphologiques, dolines, lapiés, crevasses etc. Aussi ne faut-il pas s'étonner que la plupart des auteurs y aient vu, comme dans l'ensemble de la chaîne, l'héritage d'une ancienne pénéplaine, déformée par le plissement et «conservée» par le karst. Ce n'est pourtant qu'une illusion, car malgré les apparences, ce relief est en pleine évolution et bénéficie d'une ablation appréciable. Les analyses des eaux d'infiltration dans le sol et au contact de la roche ont montré en effet que l'usure superficielle s'élève en moyenne à 5 cm par millénaire, ce qui équivaut à plusieurs centaines de mètres depuis l'érection de la chaîne.

On s'attend à ce que ce modelé, conditionné par l'écoulement des eaux corrosives en profondeur, évolue de préférence dans le sens vertical par l'excavation de gouffres, de crevasses et de profondes dolines. C'est plutôt le contraire qui se produit, c'est-à-dire une sorte de desquamation et d'aplanissement, que nous allons essayer de découvrir et d'expliquer, d'abord dans le relief (D.A.), puis dans les profils pédologiques (M.P.).

I — LE RELIEF CALCAIRE

Cette région est caractérisée par un trait morphologique original, à savoir la succession de petites crêtes calcaires ou têtes de bancs, parallèles, séparées par des dépressions gazonnées. Ces minicuestas peuvent être défoncées localement par des dolines ou dégradées par le gel, mais dans l'ensemble elles existent à peu près partout comme une espèce de trame morphologique, d'autant plus apparente que la stratification est plus nette et le pendage plus faible (fig. 1).

* 5 chemin des Grands-Champs, 1033-Cheseaux (Suisse).

** Ecole polytechnique fédérale, Lausanne (Suisse).

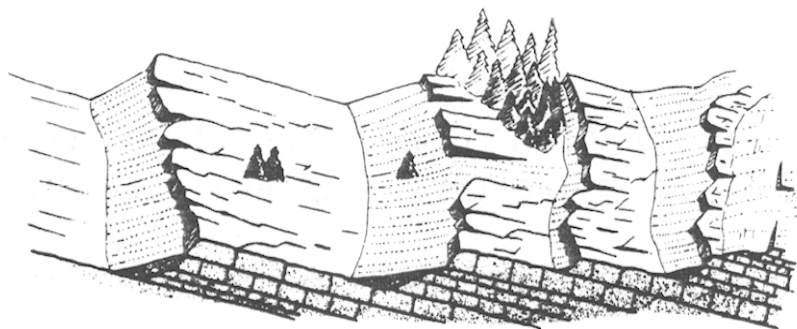


Fig. 1 – Relief en escalier. La Perrausaz (F. Le Sentier 1/25 000, coord. 508,80 / 158,75)

1. Érosion dorsale et érosion frontale sur les bancs calcaires

Si ces têtes de bancs ne sont pas nivelées par la corrosion, cela tient au fait que leurs diaclases, plus ou moins perpendiculaires à la stratification, déterminent sur leurs deux faces un facteur de différenciation à l'égard de l'altération. A la face supérieure, l'«*érosion dorsale*» corrode le calcaire, y creuse des rigoles, élargit les fissures, pour aboutir à une dalle de lapié ou, dans le cas le plus favorable, à un pavage de blocs branlants. Sur la tranche du banc, l'«*érosion frontale*» agit en plusieurs temps. Grâce à la fissuration transversale, le calcaire se morcelle sous l'action des divers agents de désagrégation et d'altération. Ses fragments mélangés à de la terre s'amoncellent dans un talus d'éboulis gazonné, et c'est là, dans ce milieu humique et hétérogène, que se produit l'essentiel de la dissolution des carbonates, dans des conditions optimales d'efficacité.

Les têtes de bancs sont d'autant plus saillantes et tranchantes que le rapport est plus grand entre l'érosion frontale qui les taille et l'érosion dorsale qui les use. Au lieu de les niveler, la démolition de leur tranche les repousse ; aussi reculent-elles les unes à la suite des autres tout en restant semblables à elles-mêmes, comme une sorte de houle morphogénétique à travers le paysage karstique. La «longueur d'onde», c'est-à-dire la distance entre deux crêtes consécutives, varie en fonction de la vitesse du recul, comme l'intervalle des voitures dans une file. Ainsi, dans les séries subhorizontales où l'érosion frontale est maximale, les têtes de bancs tendent à s'écarter ; puis, quand le pendage augmente, elles se rapprochent, car dans ce cas l'érosion frontale perd ses avantages. Les bancs verticaux sont donc les plus résistants.

Les effets de l'ablation diffèrent donc de ce que l'on imaginait. Au lieu d'abaisser uniformément la surface, la corrosion élimine le calcaire couche après couche, dans une sorte de décortication topographique. Ce processus est la clé du modelé karstique. Il explique par exemple l'extension et la coalescence des dolines. Il permet surtout de comprendre l'évolution morphologique des régions calcaires plissées.

2. Fonctionnement de l'érosion dans les anticlinaux et les synclinaux d'une région calcaire plissée

Le point de départ se trouve à la charnière des anticlinaux qu'une fissuration excessive rend particulièrement vulnérable à l'altération chimique. Les dolines qui la défontent et s'y multiplient finissent par y tracer un sillon axial, irrégulier et chaotique, qui tranche les strates et les expose ainsi à l'érosion frontale. A partir de cette blessure initiale, les bancs reculent symétriquement de part et d'autre de l'axe, puis ralentissent progressivement leur mouvement rétrograde à mesure que le pendage s'accroît sur les deux flancs du pli. Le phénomène se poursuit sans interruption. La charnière ne cesse de se délabrer et, de chaque côté, les escaliers de pierre continuent de s'abaisser et leurs marches de s'éloigner. Ainsi, par la seule intervention de l'érosion karstique, l'anticlinal s'émousse, s'aplanit, se déprime, et finalement, quand les marno-calcaires de l'Argovien seront dégagés, leur altération accélérée y façonnera une combe anticlinale. Sur la figure 2, toutes les étapes successives de cette évolution sont visibles sur le même anticlinal.

Dans les synclinaux, c'est le contraire. Les terrains plus récents qu'ils renferment témoignent d'une érosion en retard sur celle des anticlinaux. La cause de cette différence réside dans le caractère très cohérent, quoique extrêmement fissuré, de ces calcaires, comme on peut le vérifier dans les parois abruptes des synclinaux perchés. L'impuissance de l'ablation s'explique par cette fragmentation par compression, qui entrave la désagrégation de la roche et ralentit par

conséquent l'érosion frontale des bancs.

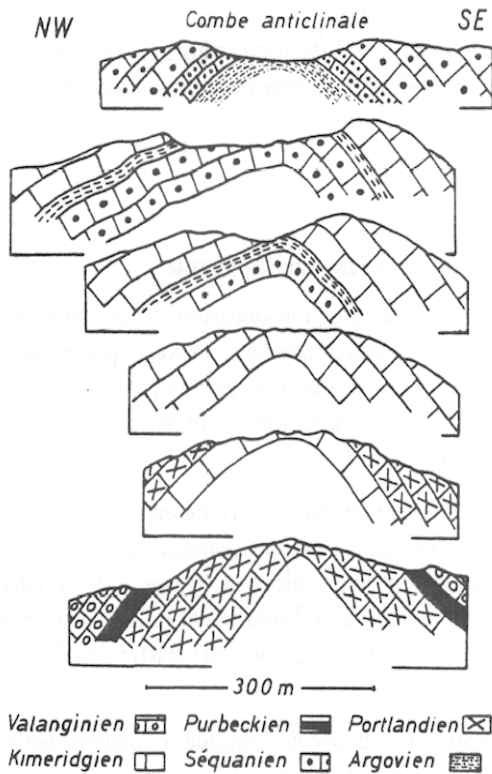


Fig. 2 - Profils de l'anticlinal du Noirmont (F. Marchairuz 1/25 000, coord. 498,50 / 149,50)

3. Vue d'ensemble

La relation qui vient d'être établie entre usure et structure est à l'origine de l'aplanissement. Maximale sur les anticlinaux, l'ablation décroît sur leurs flancs et diminue encore au fond des synclinaux. Elle tend donc à atténuer la surface structurale et finalement à l'aplanir. La topographie conforme du Mont-Tendre (fig. 3) correspond à une étape relativement précoce de cette évolution, tandis que le plateau des Franches-Montagnes (Jura oriental), où les reliefs anticlinaux se marquent à peine, est proche de son aboutissement.

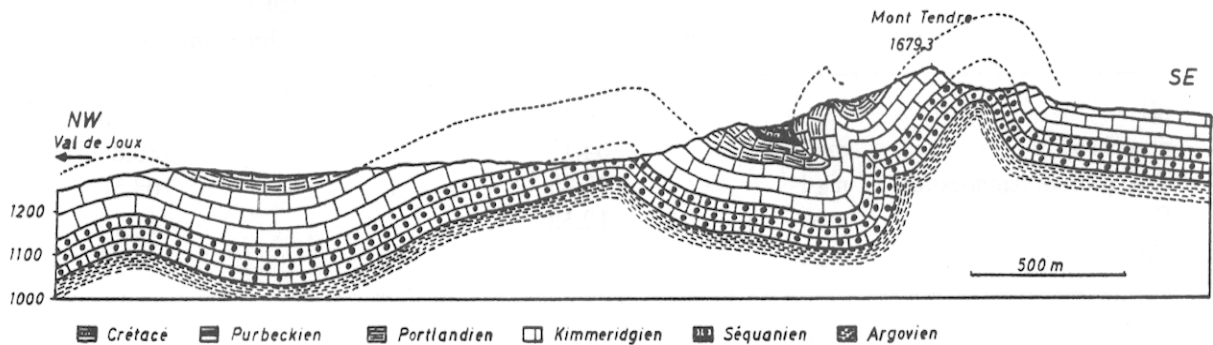


Fig. 3 - Profil géologique du Mont-Tendre (F. Le Sentier 1/25 000, coord. 513,50 / 161,00)

Pour compléter la compréhension du modelé jurassien, il faudrait mentionner encore les nombreuses dépressions karstiques déterminées par le réseau de fissuration, les combes marneuses intercalées dans les surfaces calcaires, ainsi que les vallées d'érosion fluviale, canyons et cluses, qui dissèquent les plateaux et traversent les chaînes.

L'explication de l'aplanissement karstique par l'action presque exclusive de la dissolution a le mérite d'être simple et de s'appuyer uniquement sur des faits d'observation, en quoi elle diffère des théories classiques basées sur l'existence hypothétique d'une pénéplaine nivelant un premier plissement, puis déformée par un second.

II – LES SOLS DES SURFACES KARSTIQUES DU JURA*

Les facteurs climatologiques et pétrographiques qui régissent l'évolution morphologique déterminent également la pédogenèse. Il n'est donc pas surprenant que l'étude des sols vienne renforcer les conclusions tirées de l'observation du modelé.

1. Types de sols

Dans le relief en escalier décrit plus haut (fig. 1), on distingue deux variétés de sols.

Le *dos des couches* est revêtu d'un sol mince, du type brun calcique, mésomorphe à eutrophe, ne renfermant que de rares fragments détachés du calcaire sous-jacent. En raison de sa faible épaisseur, ce sol se prête mal à l'infiltration profonde, l'eau d'imbibition retenue par la surface rocheuse peu fissurée étant en grande partie époncée par évapotranspiration. Ainsi, au dos des bancs calcaires, où le sol est mince, l'eau d'infiltration est fugace, et sa surface de contact avec la roche est minime, tout concourt à réduire sa capacité de dissolution.

Aux *têtes des couches* s'appuie un sol profond du type humique carbonaté, riche en cailloux fournis par l'érosion frontale. Ses propriétés sont particulièrement favorables à la circulation des eaux gravifiques et à leur contact avec les carbonates. Ainsi la perméabilité est élevée, non seulement au voisinage des blocs et en raison de la pauvreté en particules alumino-silicatées, mais à cause d'une abondante matière organique bien humifiée et de la haute teneur en Ca, qui induisent une bonne structuration, une forte porosité, et s'opposent à la migration des particules fines et par conséquent à tout horizon d'accumulation.

Ce milieu réunit les conditions d'une dissolution optimale de la phase carbonatée. L'analyse des eaux d'infiltration recueillies à 10 cm de profondeur (tableau I) montre en effet qu'elle est quasi instantanée, et 5 à 10 fois supérieure à celle des sols bruns calciques prélevés dans les mêmes conditions. Après ce bref trajet, au seul contact du squelette, leur concentration atteint déjà la moitié de la charge totale mesurée aux exurgences.

Tableau I

*Données analytiques des eaux d'infiltration à 10 cm de profondeur dans deux types de sol
(Grandes Chaumilles, F. Le Sentier 1/25 000, coord. 510,00 / 159,50)*

		Sol brun calcique au dos des couches Nombre d'analyses : 4	Sol humique carbonaté au front des couches Nombre d'analyses : 5
pH		6,14	7,20
dureté totale	mg/l	34,17	130,8
TAC (dureté temporaire)	mg/l	17,83	103,5
Ca	mg/l	12,52	47,15
Mg	mg/l	0,76	0,94

L'intensité de cette agression chimique se marque sur les cailloux. Le ruissellement cumulatif qui les coiffe exerce sur leur face supérieure une corrosion, qui s'accroît du sommet à la base et finit par leur imprimer la forme d'une coupole. C'est l'«effet parapluie» (POCHON, 1974). Cette forme est toujours accompagnée d'une pellicule d'altération constituée par les éléments sparitiques isolés par la dissolution différentielle du ciment micritique (POCHON, 1976).

2. Pédogenèse et intensité de l'altération des calcaires

Ces résultats complètent et confirment la distinction et la définition des deux modes d'érosion et d'altération

* Ces recherches ont bénéficié de l'aide du Fonds national suisse de la recherche scientifique auquel nous exprimons notre gratitude.

qui déterminent l'évolution du relief karstique :

- *érosion dorsale* : faible desquamation et lapiéazation de la face supérieure des bancs calcaires et dissolution minimale ;
- *érosion frontale* : désagrégation active de la tranche des bancs calcaires et dissolution maximale.

3. Évolution pédologique ultérieure

Si les têtes de bancs, au lieu de se succéder comme des marches d'escalier, délimitent une cuvette d'érosion, le sol s'y accumule et y poursuit son évolution. Au centre de la dépression, où l'épaisseur est la plus grande, le type pédologique climacique appartient au sol brun lessivé plus ou moins mésotrophe. La micromorphologie montre clairement une évolution centrifuge des profils, selon le schéma de la figure 4, avec une composante horizontale prépondérante.

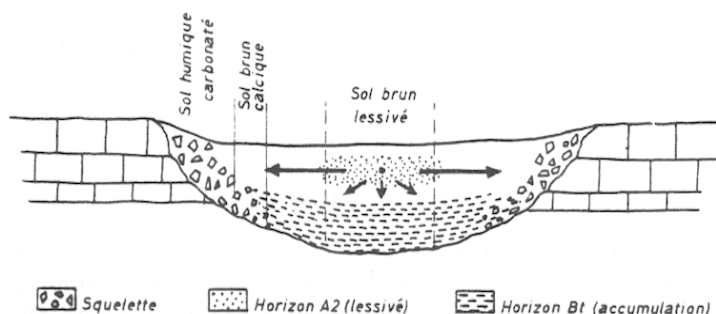


Fig. 4 – Schéma de l'évolution pédologique spatiale

D'autre part, l'horizon d'accumulation d'argile (Bt) qui apparaît en profondeur constitue un niveau de rétention des eaux pénétrantes, qui tend par conséquent à réduire la quantité de celles qui peuvent atteindre et attaquer la roche sous-jacente. Il en résulte que l'agression chimique du substrat calcaire est inversement proportionnelle à l'épaisseur et au degré d'évolution du profil. Elle diminue donc du bord au centre de la dépression, dont l'approfondissement se trouve de la sorte ralenti.

Ainsi les propriétés des sols interviennent dans tous les événements de l'évolution karstique qui provoquent le recul des couches, et permettent aussi de comprendre pourquoi l'évolution verticale des cuvettes s'interrompt.

CONCLUSIONS

L'aplanissement des surfaces calcaires du Jura s'explique par la combinaison des facteurs structuraux (tectonique et fissuration), et des facteurs d'altération chimique et de pédogenèse.

Le contrôle de l'érosion par les dispositions structurales est double :

- A l'échelle du banc, l'érosion frontale est plus intense que l'érosion dorsale et livre des débris calcaires aux sols adjacents. Chaque front ou tête de banc recule latéralement.
- A l'échelle du massif, l'érosion est maximale sur les anticlinaux et minimale dans les synclinaux, où la fissuration s'est effectuée par compression.

Le contrôle de l'altération chimique est également double :

- A l'échelle du banc, les sols qui s'appuient sur le front des bancs entretiennent une altération chimique beaucoup plus rapide que l'altération dorsale.
- A l'échelle du massif, les sols humiques perméables des fronts de bancs et des flancs de relief sont le siège d'une altération active, tandis que les sols des dépressions engendrent des horizons d'accumulation argileux qui protègent leur fond de la dissolution.

Ainsi, à toutes les échelles, les altérations et ablations latérales sont favorisées par rapport aux altérations et ablations verticales.

On assiste progressivement à l'ablation latérale, banc par banc, des formations calcaires, à l'érosion plus rapide des voûtes anticlinales et à l'extension des dépressions par l'attaque de leur périphérie.

On tend, par l'intégrale de ces mécanismes, à un aplanissement. C'est ainsi que nous définissons l'aplanissement karstique.

Cela peut paraître surprenant dans un système où les formes du karst semblent résulter d'une ablation à composante verticale dominante. C'est que l'explication du relief ne se lit pas directement dans la morphologie, mais qu'elle exige la connaissance des phénomènes qui se dissimulent dans les formes du terrain.

Manuscrit déposé le 10 janvier 1978

Summary

On the «Mont-Tendre», swiss Jura, for every calcareous bed outcropping in the form of «minicuesta», frontal erosion is favoured in comparison with the dorsal one. Ablation, weathering and pedogenesis combine, which explain the lateral erosion, bed by bed, of the calcareous series, the more rapid erosion of anticlinal structures and the protection of depressions, developing by attack of their periphery. The integral of these mechanisms results in a leveling which is striking in a karstic country, where a vertical erosion is rather expected. Karstic leveling is thus defined.

Zusammenfassung

In der Gebirgskette des Mont-Tendre im schweizer Jura ist für jede Kalkbank, die in Form einer «minicuesta» aufgeschlossen ist, die frontale Erosion gegenüber der dorsalen begünstigt. Überlagerte Abtragungsprozesse, Verwitterung und Bodenbildung, erklären die laterale Erosion Bank für Bank der kalkreichen Serien, die schnellere Erosion der Antiklinal-Strukturen und den Schutz der Senken die sich infolge der Verwitterung an ihrer Peripherie weiter ausdehnen. Die Summe dieser Mechanismen führt zu einer Einebnung was in einer Karstgegend überrascht, wo man eine Erosion mit vertikalem Charakter erwarten könnte. Man erklärt so die Einebnung von Karstgebieten.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT D. (1969) – Phénomènes et formes du karst jurassien. *Eclogae geol. Helv.*, 62, 2, p. 325 - 399.
- AUBERT D. (1974) – L'érosion karstique régressive dans le Jura. Mémoires et documents 1974, N.S., vol. 15, Phénom. karstiques II, p. 71 - 80.
- AUBERT D. (1975) – L'évolution du relief jurassien. *Eclogae geol. Helv.*, 68, 1, p. 1 - 64.
- POCHON M. (1974) – Origine et évolution des sols du Haut-Jura suisse. Phénomènes d'altération des roches calcaires sous climat tempéré humide. *Mém. Soc. Helv. Sci. nat.* (à paraître).
- POCHON M. (1976) – Les processus d'altération de quelques types de calcaires dans les sols du Haut-Jura suisse. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), XVIII, 1, p. 33 - 39.