

Impacts de météorites ou cicatrices d'érosion? Etude de quelques formes en hémicycle du Jura plissé suisse

Autor(en): **Monbaron, Michel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **113 (1990)**

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-89318>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

IMPACTS DE MÉTÉORITES OU CICATRICES D'ÉROSION? ÉTUDE DE QUELQUES FORMES EN HÉMICYCLE DU JURA PLISSÉ SUISSE

par

MICHEL MONBARON

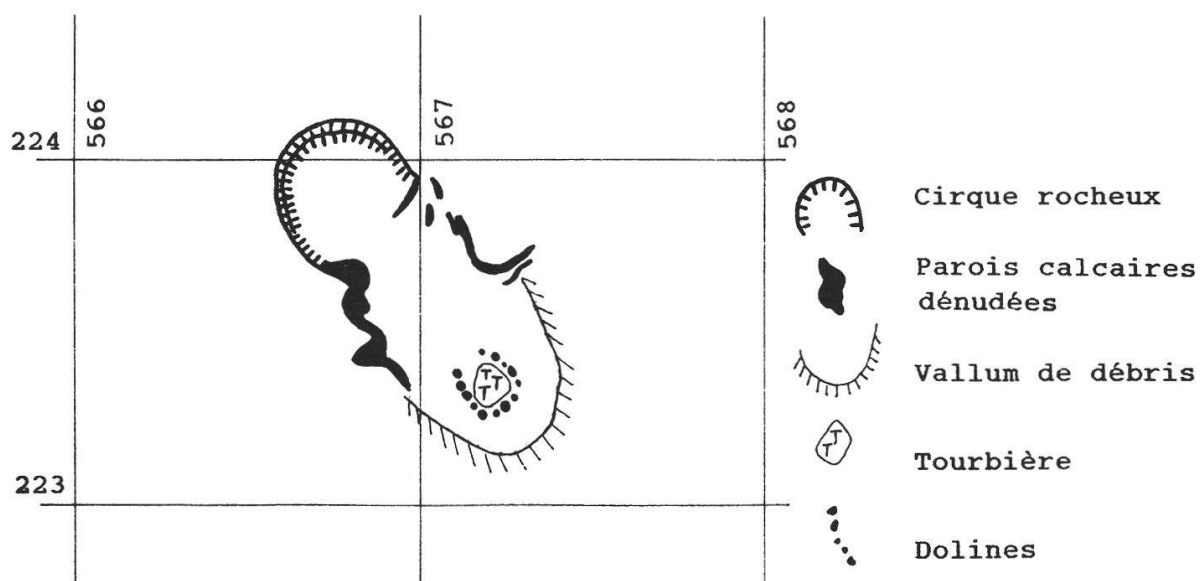
AVEC 4 FIGURES ET 1 TABLEAU

1. INTRODUCTION

Philippe BOURQUIN, coauteur de la feuille 15 de l'Atlas géologique suisse, déclarait ce qui suit à propos d'une structure morphologique curieuse, le cirque des Chenevières - Champ-Meusel, située sur le flanc sud du Mont-Soleil au-dessus de Saint-Imier: «... *c'est un phénomène tout à fait exceptionnel, dont l'origine n'est pas... explicable d'une manière satisfaisante* » (BOURQUIN 1946, p. 18). Il accordait toutefois un certain crédit à l'interprétation de ROLLIER (1893), qui y voyait les traces d'un ancien glacier local. Antérieurement encore, GREPPIN (1870) l'identifiait à un éboulement.

Cette forme de terrain se présente ainsi (fig. 1): la partie supérieure (Les Chenevières) est un cirque rocheux parfaitement hémicirculaire, à concavité aval, qui éventre le versant méridional de l'anticlinal entre 1230 et 1020 m d'altitude environ. La partie médiane se caractérise, à l'ouest surtout, par de hautes parois calcaires dénudées, faites de couches de Malm très redressées (pendages de 50 à 75° vers le SE). Enfin, un hémicycle de matériaux meubles, à concavité amont (Champ-Meusel), limite cette structure morphologique entre 900 et 850 m d'altitude, au-dessus des quartiers nord-est de Saint-Imier.

En 1976, HOFMANN et BÄCHTIGER s'intéressent à cette forme, dans la foulée des études sur les traces présumées d'impact météoritique du Bassin molassique de Suisse orientale (HOFMANN 1973). Ils publient un article intitulé: «Die Oberflächenstruktur Les Chenevières - Champ-Meusel... als vermutliches Ergebnis eines Meteoriten-Einschlags»: «... *worüber nachfolgend im Sinn einer vorläufigen Mitteilung berichtet wird...* » Ils parlent alors en termes prudents de «communication provisoire» (vorläufige Mitteilung), d'«indices» (Andeutungen), ils qualifient leur hypothèse de «probable» (vermutlich), de «vraisemblable» (wahrscheinlich). Ils s'appuient sur des analyses pétrographiques et minéralogiques préliminaires (technique



En haut: situation géographique (extrait du plan d'ensemble au 1:10 000, réduit, avec carroyage kilométrique. Reproduit avec l'autorisation de l'Office cantonal des mensurations à Berne du 12.03.1990). *En bas*: esquisse morphologique à la même échelle.

de thermoluminescence, BÄCHTIGER et HOFMANN 1976). Selon eux, le cirque rocheux supérieur représenterait la cicatrice de l'impact, alors que l'hémicycle inférieur serait formé des débris dus au choc, projetés vers le pied du versant. L'indice le plus important serait constitué par des petits

grains de fer métallique, trouvés dans la fraction fine du sol limoneux (Bodenlehm) de Champ-Meusel. En fin d'article, des études ultérieures sont annoncées. Elles n'ont à ce jour pas encore été réalisées (HOFMANN, comm. pers.).

Malgré la prudence des auteurs précités et la ténuité des indices, une brèche était entrouverte qu'un certain journalisme scientifique à sensation n'a pas craint d'exploiter. AUF DER MAUR (1987) transforme l'hypothèse de HOFMANN et BÄCHTIGER en un fait scientifique apparemment indiscutable. Il propose en effet une excursion géologique « grand public » intitulée : « *Vom Meteoritenkrater bei Saint-Imier zum Chasseral.* » On peut y lire entre autres : « *Vor Jahrtausenden schlug eine Gesteinsbombe aus dem Weltall ein Riesenloch ins Juragebirge...* » — « *Der Meteoritenkrater bei Saint-Imier... ist ein geologisch-astronomisches Naturdenkmal.* »

Ainsi, sous nos yeux, un nouveau « mythe géologique » vient de naître, dont on sait qu'il peut avoir la vie dure ! Citons pour mémoire le mythe du prétendu approvisionnement des sources karstiques jurassiennes à partir des Alpes, par siphonnement sous le Bassin molassique, ou celui de l'existence de mines d'or là où l'on trouve quelques traces de pyrite dans les roches affleurantes.

Ce « fait divers » d'apparence anodine conduit le géomorphologue à s'interroger sur la nature et l'origine de ce genre de formes de terrain relativement courantes dans le Jura plissé. Peut-il être plus affirmatif que BOURQUIN ? Doit-il sans ambages écarter l'hypothèse de HOFMANN et BÄCHTIGER ?

2. LES HÉMICYCLES ROCHEUX DU JURA PLISSÉ

Si l'on admettait sans la discuter l'idée d'un impact météoritique à Saint-Imier, force serait alors de convenir que ce secteur du Jura plissé est la région du monde recelant la plus grande densité d'astroblèmes !

En effet, on retrouve des formes de terrain identiques au-dessus de Grandval - Crémises - Corcelles (BE). Trois structures de mêmes dimensions que celle des Chenevières, la « Combe-des-Geais », la « Combe-de-la-Hue » et « La Côte-aux-Bœufs », accidentent le versant méridional de l'anticlinal du Raimeux (fig. 2). Elles sont flanquées d'un très grand nombre d'échancrures plus petites, de même origine. Dans le Jura neuchâtelois, Roche-Devant au-dessus de Gorgier (coord. 547/197) présente des caractéristiques semblables. Mais la plus impressionnante de ces structures est bien le célèbre Creux-du-Van (coord. 545/198), hémicycle rocheux aux dimensions beaucoup plus vastes que les échancrures précédentes.

En poussant le raisonnement à l'extrême, il serait même logique de considérer le cirque de la cluse de Moutier (coord. 595/237) comme étant l'empreinte parfaitement circulaire d'un impact météoritique !

Cette simple énumération, non exhaustive, tend à rendre d'emblée suspecte l'hypothèse d'une origine extraterrestre des formes de terrain précitées. En revanche, celles-ci ont en commun de nombreux caractères morphostructuraux que nous allons essayer de mettre en évidence.

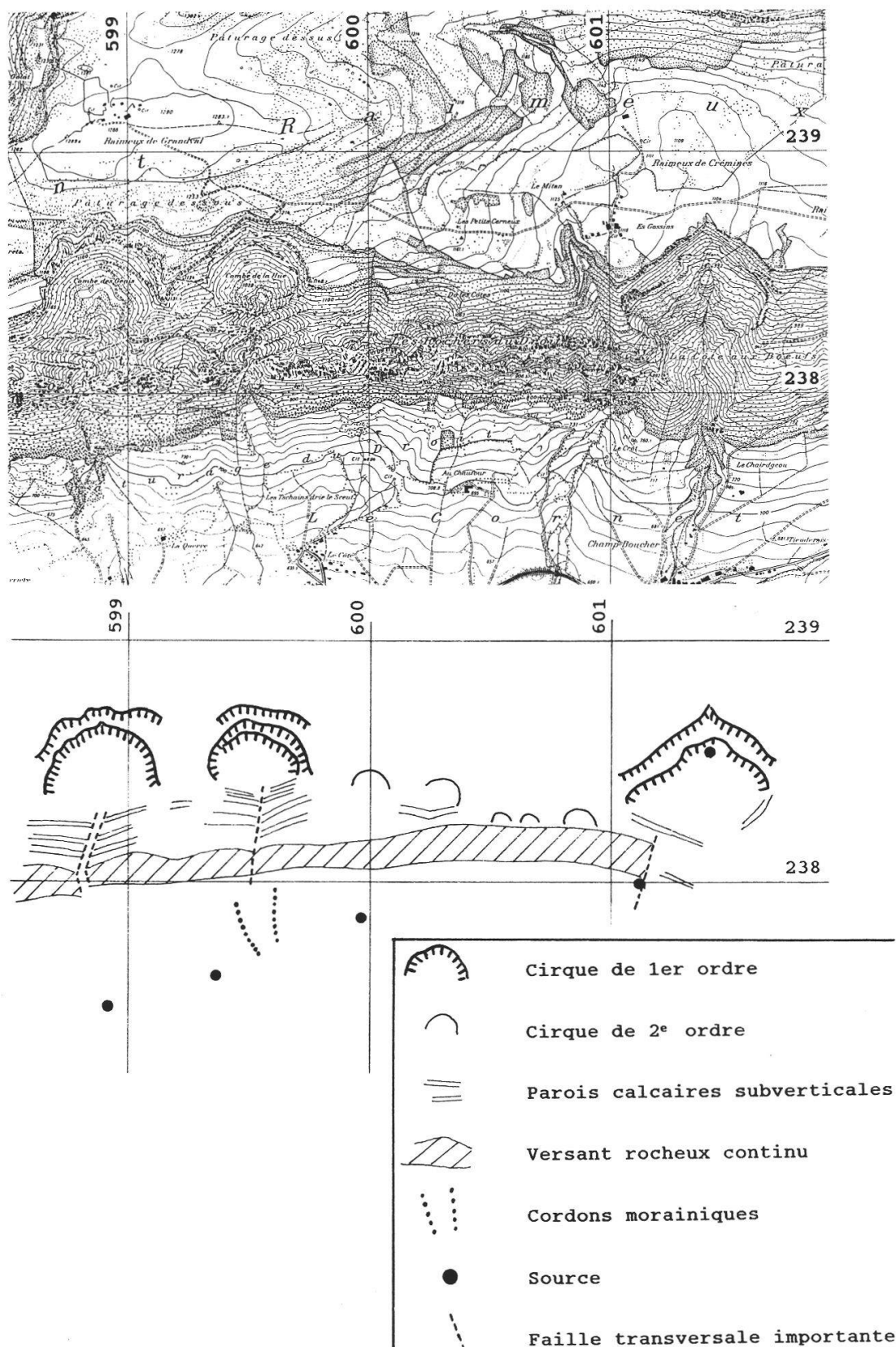


Fig. 2. Hémicycles du versant sud du Raimeux.

En haut: situation géographique (extrait du plan d'ensemble au 1:10 000, réduit, avec carroyage kilométrique. Reproduit avec l'autorisation de l'Office cantonal des mensurations à Berne du 12.03.1990). *En bas*: esquisse morphologique à la même échelle.

3. CARACTÈRES MORPHOSTRUCTURAUX

Nous allons comparer la structure des Chenevières à celle du Raimeux d'une part, au Creux-du-Van d'autre part, pour déterminer leurs analogies. Ces traits communs concernent principalement le cirque rocheux, les conditions hydrogéologiques et, lorsqu'il existe, le cône de débris.

3.1 Le cirque rocheux

3.1.1. *Tectonique*

Ces cirques occupent tous une même position par rapport à la structure tectonique du pli qu'ils éventrent; ils sont situés à cheval sur une flexure en genou des couches de Malm. En effet, les couches calcaires formant le versant de l'anticlinal sont très redressées, voire subverticales. A l'aplomb des hémicycles, elles se ploient brusquement pour prendre une inclinaison faible à nulle, qui détermine le replat sommital de l'anticlinal. Le tableau I résume la situation des trois sites étudiés:

TABLEAU I

Hémicycle	Versant à couches redressées	Replat sommital
Les Chenevières (fig. 1)	Sentier des Chasseurs - Sentier au Sergent	Mont-Soleil - Le Sergent
Le Raimeux (fig. 2)	Forêt du Droit - Les Rochers du Droit	Pâturage-Dessous - Raimeux-de-Crémines
Creux-du-Van	Le Dos-d'Ane	Le Soliat

Ce type de forme est donc lié à une structure tectonique en pli coffré. L'hémicycle rocheux est creusé dans l'entablement sommital sub-horizontale et il est limité vers l'extérieur du pli par les couches redressées du flanc de l'anticlinal (cf. fig. 4). Il s'agit en fait d'une sorte de combe anticlinale, décalée du centre vers le flanc du pli.

Autre caractère lié à la structure tectonique: la zone des cirques occupe une position proche de la culmination axiale, là où l'axe du pli est à peu près horizontal ou ne présente qu'un faible plongement (fig. 3).

3.1.2. *Mécanismes morphologiques*

Les mécanismes mis en jeu pour façonner ce type de structure morphologique sont bien connus. Ils ont, voici déjà vingt ans, retenu l'attention de Daniel AUBERT (1969). Cet auteur a notamment remarqué que:

- l'érosion frontale et le recul de la tête d'un banc ou d'une formation calcaire sub-horizontale(e) sont favorisés à son mur par la présence d'un lit marneux, si mince soit-il; ce niveau imperméable inhibe l'érosion dorsale du banc sous-jacent, tout en favorisant les suintements (et donc la gélifraction) au pied de la falaise ainsi créée (AUBERT 1969, fig. 4 et 5, p. 335, et fig. 9, p. 338), ce qui accélère son recul;

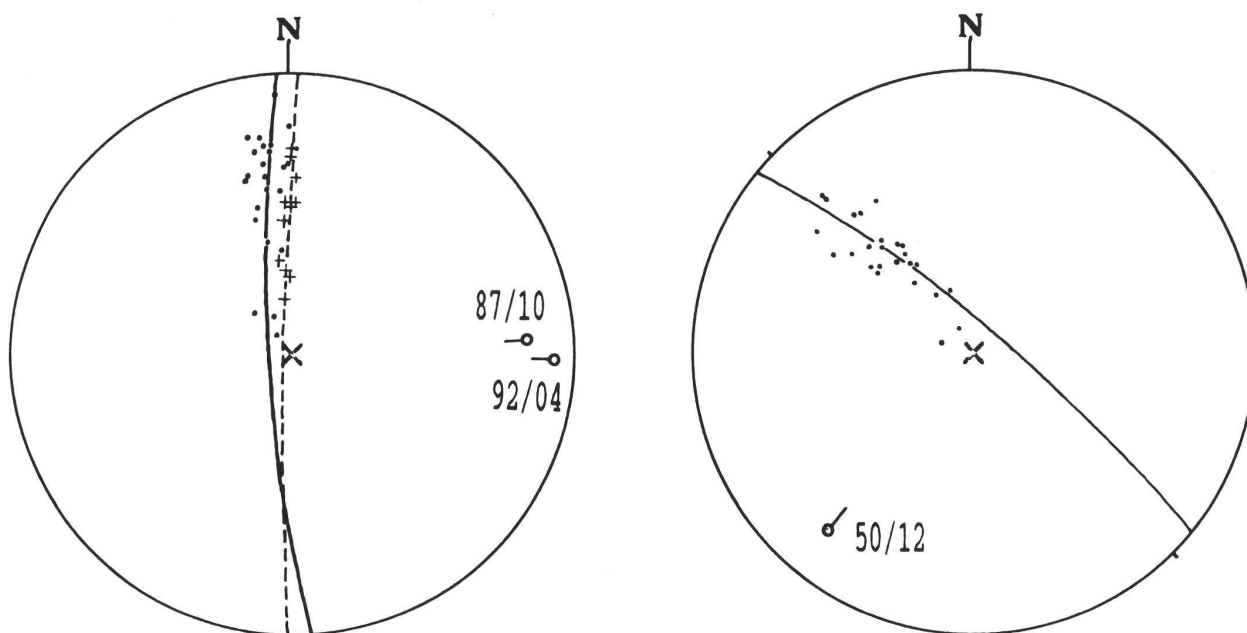


Fig. 3. Axes anticlinaux dans le secteur des hémicycles étudiés (pôles des couches sur diagramme de Wulff, hémisphère inférieur).
A gauche: versant sud du Raimeux (fig. 2): — points et cercle continu: combes des Geais et de la Hue; — croix et cercle discontinu: La Côte-aux-Bœufs. *A droite*: cirque des Chenevières près de Saint-Imier (fig. 1).

- la désagrégation frontale d'un banc calcaire, par gélifraction ou par simple dissolution, est bien moins efficace dès que le pendage dépasse 25 à 30° (AUBERT 1969, fig. 10, p. 339). Ceci est dû au fait que l'infiltration de l'eau est quasi immédiate et que les têtes de banc sont très vite ensevelies sous leurs propres débris, ce qui entrave l'action de la désagrégation mécanique.

Ainsi, la forme en hémicycle rocheux se crée par un recul isotrope et rapide des têtes de bancs sub-horizontaux, à partir d'une échancrure d'érosion primordiale, dont l'origine sera évoquée plus loin. Les bancs redressés, eux, résistent mieux à la désagrégation. C'est donc la disposition structurale des bancs qui prédispose les sites étudiés au façonnage de tels hémicycles.

3.2 Hydrogéologie

Autre constante dans ou au voisinage de ces hémicycles, la présence d'une source karstique permanente ou de sources intermittentes, liées à la mise en charge du karst lors des crues.

Ce sont notamment :

- la source de la Fontaine-Froide, en plein centre du cirque du Creux-du-Van ;
- la source du Gore-Virat, dans l'hémicycle de la Côte-aux-Bœufs au-dessus de Corcelles (fig. 2) ;
- plusieurs sources d'origine karstique mais jaillissant dans le Tertiaire, au pied des deux combes dites des Geais et de la Hue, toujours sur le versant sud du Raimeux (fig. 2) ;
- la source permanente signalée par GREPPIN (1870, p. 255) au cœur même de la structure des Chenevières à Saint-Imier.

Signalons à propos des sources « tertiaires » du versant sud du Raimeux, qu'elles sont situées en prolongement direct de failles transversales qui tronçonnent les couches redressées du Malm (PFIRTER, en prépar.). On reconnaît en outre d'anciens conduits karstiques s'ouvrant à mi-hauteur du chenal d'écoulement, au débouché de la Combe-des-Geais. Ceci dénote l'existence d'une ancienne circulation souterraine, lorsque le niveau de base karstique était plus élevé. Ces conduits sont en cours de désobstruction par des spéléologues.

A notre avis, toutes ces sources attestent de la pérennité des circulations et décharges karstiques vers ces échancrures de terrain, durant toute l'histoire géologique régionale. Ces zones locales de drainage préférentiel reproduisent en petit les « zones drainantes transversales », mises en évidence dans les secteurs des grandes cluses jurassiennes (MONBARON 1975).

3.3 Le cône de débris

3.3.1. *Le vallum de Champ-Meusel* (fig. 1)

Aucune des structures étudiées ne présente un cône de débris aussi caractéristique que celui des Chenevières. On est en présence d'un vallum

de matériaux meubles, provenant exclusivement des parois entourant le cirque rocheux. Ce véritable mur de débris, en forme de fer à cheval, détermine vers l'amont un bassin fermé presque parfaitement circulaire, au lieu-dit Champ-Meusel.

Le fond de cette dépression topographique, sans doute imperméable, a permis l'édification d'un marais bombé. Celui-ci, comme la plupart des tourbières jurassiennes (GERBER et MONBARON 1990), envoie ses eaux de drainage vers une guirlande de dolines actives qui l'enserrent sur tout son pourtour. Ce drainage de type karstique nous indique deux choses importantes :

- la couverture meuble dans le secteur du cône de débris ne saurait être très épaisse, puisque des dolines de subsidence peuvent se former, en relation avec le substratum calcaire tout proche ;
- le surcreusement constaté peut s'expliquer, en partie du moins, par un effet de soutirage karstique : une fraction non négligeable des matériaux fins du cône de débris pourrait donc avoir disparu par voie souterraine.

Selon HANTKE (1980), la limite des neiges pérennes, lors de la dernière période glaciaire, était de 1100 m environ sur le versant sud du Mont-Soleil. Le cirque des Chenevières aurait donc pu fonctionner comme réceptacle d'un petit glacier local, ou comme combe à neige, ce qui donnerait un certain crédit à l'opinion de ROLLIER.

Nous émettrions quant à nous une autre hypothèse pour expliquer l'origine du vallum et du surcreusement de Champ-Meusel. Durant la dernière période glaciaire, les éboulis et gélifracsts provenant de la désagrégation des falaises des Chenevières ont pu évoluer en une masse gelée en permanence (pergélisol) et se comporter comme un glacier rocheux actif, tant qu'ils renfermaient suffisamment de glace (se référer au modèle de comportement d'un glacier rocheux proposé par EVIN 1987 ou par HAEBERLI et *al.* 1989). La forme arquée du vallum et la raideur du talus frontal sont des indices en faveur d'une telle hypothèse. Quant au surcreusement, il s'expliquerait par la fonte de la glace lors du réchauffement postglaciaire, à quoi s'ajouterait l'effet de soutirage karstique holocène, déjà mentionné.

Rappelons que des lambeaux de pergélisol persistent encore actuellement très localement dans le Jura, notamment au Creux-du-Van (PANCZA 1989).

3.3.2. *Les autres cônes de débris*

Les autres hémicycles étudiés ne présentent pas de cônes de débris aussi caractéristiques que celui de Saint-Imier. Toutefois, au Creux-du-Van, un vaste champ morainique à éléments jurassiens, généré par le « glacier du Creux-du-Van », tapisse le versant entre la sortie du cirque près de la Ferme-Robert et l'Areuse (SCHARDT et DUBOIS 1903). A la sortie de la Combe-de-la-Hue (fig. 2), deux vallums morainiques perpendiculaires aux isohypses ont été identifiés par PFIRTER (en prépar.) ; ils

représenteraient les restes des deux moraines latérales produites par un petit glacier local issu de la combe.

Ainsi, dans chaque site étudié, les éléments hérités de la dernière période glaciaire révèlent toute leur importance.

4. GENÈSE DES HÉMICYCLES

Le scénario proposé ci-dessous s'appuie surtout sur l'exemple des combes des Geais et de la Hue (Mont-Raimeux), mais il est aisément généralisable.

A l'origine de ces hémicycles se trouve une source de débordement karstique, jaillissant au contact Malm calcaire - Tertiaire imperméable, en un lieu prédéterminé par la structure: une flexure en genou du Malm calcaire, recoupée transversalement par une zone faillée ou plus densément fissurée, vers laquelle convergent des eaux d'infiltration karstiques récoltées sur le sommet du pli (fig. 4a).

A partir de cette cicatrice originelle se produit un recul naturel et rapide des têtes de couches sommitales sub-horizontales, accompagné d'un enfoncement progressif du niveau de base karstique, lui-même lié au déblaiement des sédiments tertiaires du synclinal. Les niveaux redressés du Malm résistent mieux à la désagrégation et forment un sorte de muraille vers l'extérieur du pli (fig. 4b).

La figure 4c représente la forme dans son état actuel: le niveau imperméable oxfordien a été finalement mis au jour et a été en partie déblayé par l'érosion fluviale, ce qui accélère encore le recul des falaises sus-jacentes. Les mécanismes glaciaires et/ou périglaciaires ont également apporté leurs retouches à l'ensemble. Le barrage formé par les couches externes reste toujours assez proéminent et enserme un étroit passage perpendiculaire, qui fait communiquer le cœur de l'hémicycle avec le synclinal.

5. CONCLUSION

Les formes en hémicycle, ou même en cirque parfait que l'on rencontre dans le Jura plissé peuvent faire penser, à première vue, à des impacts météoritiques. Une étude attentive de leur environnement morphostructural démontre toutefois qu'il n'en est rien.

Les pseudo-impacts de Saint-Imier, du Raimeux, du Creux-du-Van et d'ailleurs ne sont en fin de compte que de simples ruz jurassiens:

- qui ont développé une forme originale liée à un type particulier de structure tectonique, le pli coffré;
- qui sont localisés dans des zones pérennes d'émergences karstiques, elles-mêmes gérées par un niveau de base karstique tendant à s'abaisser graduellement;
- qui ont, en outre, été fortement influencés par l'action alternative des mécanismes fluviaux et glaciaires (éventuellement périglaciaires) durant le Pléistocène.

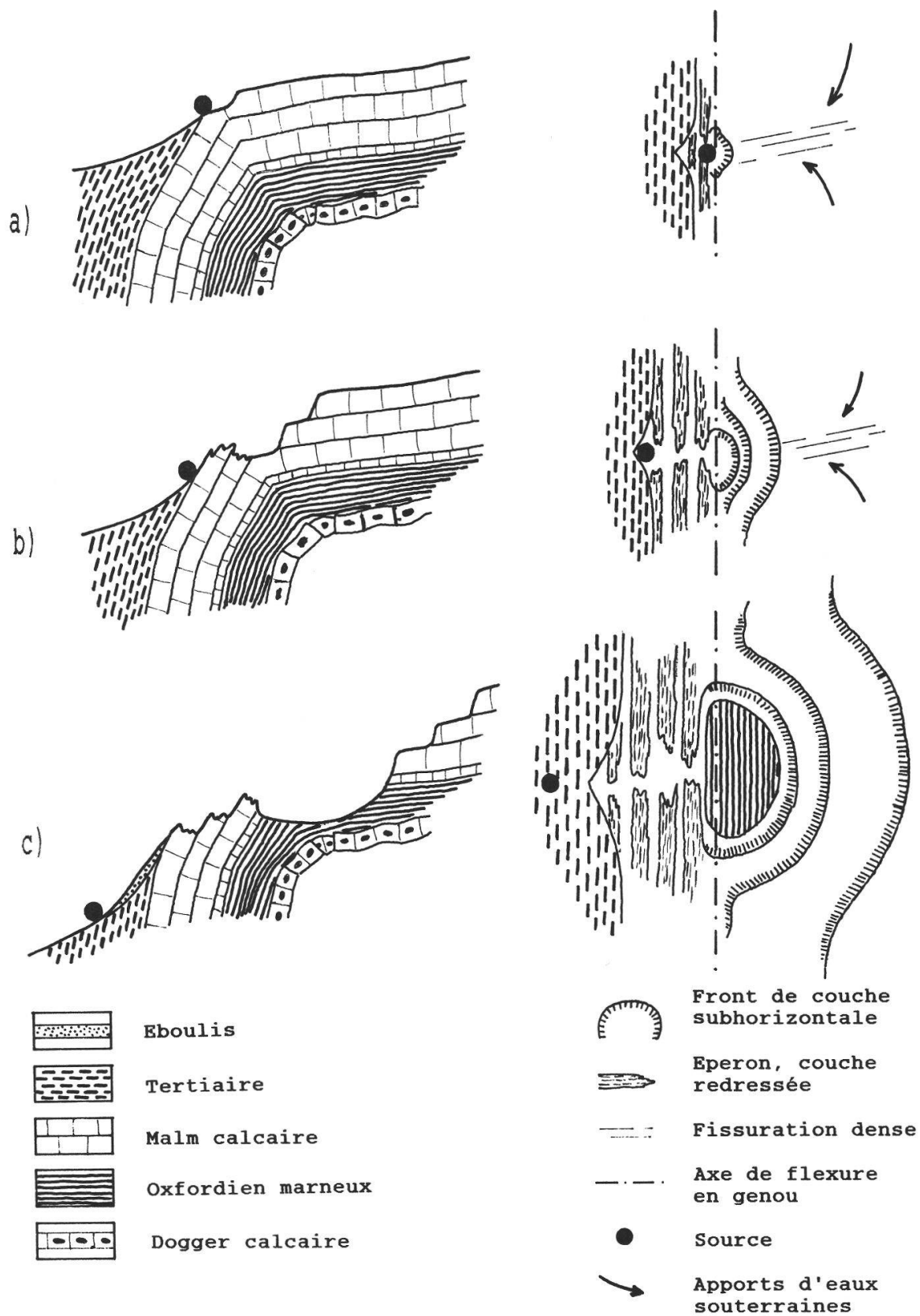


Fig. 4. Schémas (sans échelle ni références chronologiques absolues) illustrant trois stades successifs de formation des hémicycles rocheux jurassiens. Niveau a : stade initial; niveau b : stade intermédiaire; niveau c : stade actuel.

Plus généralement, la conjonction des mêmes mécanismes et facteurs tectoniques, lithologiques, hydrogéologiques et morphodynamiques expliquent très bien la localisation, la forme et l'histoire morphogénique de l'ensemble des échancrures d'érosion jurassiennes: cluses, ruz classiques, vallées sèches, combes karstiques, voire reculées (MONBARON 1975). Les hémicycles étudiés ci-dessus appartiennent à cette même famille de formes de terrain et procèdent des mêmes mécanismes de formation.

Nous ne voulons pas prétendre qu'aucun météorite n'a jamais percuté le sol dans l'arc jurassien. Les traces laissées par un tel choc n'ont toutefois pas encore été identifiées, ou alors ont disparu par érosion. La structure Les Chenevières - Champ-Meusel ressemble «trop» à un cratère météoritique pour en être vraiment un: elle n'est qu'un artéfact d'impact météoritique!

Cette étude s'intègre au projet de recherche 21-25305.88 du Fonds national de la recherche scientifique consacré au karst et ses marges.

Résumé

Le cirque rocheux des Chenevières près de Saint-Imier (BE) a été interprété par certains auteurs comme étant la trace d'impact d'un météorite de moyenne dimension. Plusieurs formes de terrain identiques existent dans le Jura plissé. En étudiant leurs caractéristiques tectoniques, morphologiques et hydrogéologiques communes, on constate qu'elles résultent toutes de la mise en œuvre de mécanismes d'érosion classiques, de type fluviokarstique, auxquels s'ajoutent des actions glaciaires et/ou périglaciaires. Ces structures morphologiques ne sont rien d'autre que des ruz jurassiens, de forme un peu particulière. Il est à notre avis prématuré de parler d'impact météoritique, dans le Vallon de Saint-Imier ou ailleurs dans le Jura plissé.

Zusammenfassung

Das Kar von Chenevières bei Saint-Imier (BE) wurde von einigen Autoren als Einschlagstelle eines Meteoriten mittlerer Grösse gedeutet. Mehrere identische Geländeformen können im Faltenjura gefunden werden. Das Studium der tektonischen, morphologischen und hydrogeologischen Eigenheiten zeigt, dass sich die Bildung all dieser Formen mit den klassischen Erosionsmechanismen des Fluvio-karstes und einer glazialen und/oder periglazialen Überprägung erklären lässt. Bei diesen morphologischen Strukturen handelt es sich um nichts anderes, als etwas eigentümlich ausgebildete jurassische Ruz. Im Zusammenhang mit diesen Formen im Vallon de Saint-Imier und im übrigen Faltenjura von einem Meteoriteneinschlag zu sprechen, ist unserer Meinung nach verfrüht.

Summary

Meteorite impacts or erosion scars? A study of several semi-circular shaped features in the folded Jura. — The rocky cirque at Les Chenevières near Saint-Imier (canton Bern) was considered by several authors as resulting from a middle size meteorite impact. Several similar features can be observed in the folded Jura. Considering their tectonic, morphologic and hydrogeologic characteristics it is obvious that they result from classical erosion processes: fluvio-karstic, combined with the glacial and/or periglacial erosion. Such morphological structures are simply "ruz" with a rather particular shape. It seems too premature to consider that meteorite impacts can be observed anywhere in the folded Jura.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT, D. — (1969). Phénomènes et formes du karst jurassien. *Eclogae Geol. Helv.* 62/2: 325-399.
- AUF DER MAUR, F. — (1987). Wanderungen zu Denkmälern der Natur. Geologische Sehenswürdigkeiten der Schweiz in 17 Ausflügen. 211 pp. *Ott Verlag Thun*.
- BÄCHTIGER, K. et HOFMANN, F. — (1976). Die Messung der Thermolumineszenz als Testmethode für mögliche Impakteffekte am Beispiel des Malmkalk-Trümmerhorizontes in der Oberen Süsswassermolasse von Bernhardzell (Kanton St. Gallen). *Eclogae Geol. Helv.* 69/1: 204-209.
- BOURQUIN, P. — (1946). (Avec la collaboration de H. SUTER et A. BUXTORF.) Notice explicative de la feuille 15 de l'Atlas géologique de la Suisse: Biaufond - Les Bois - La Ferrière - Saint-Imier. *Commiss. Géol. Suisse*, 56 pp., 6 pl.
- EVIN, M. — (1987). Dynamique, répartition et âge des glaciers rocheux des Alpes du Sud. 309 pp. *Thèse d'Etat, Grenoble*.
- GERBER, E. et MONBARON, M. — (1990). Les tourbières du Jura plissé septentrional dans leur cadre morphostructural. *UKPIK, Cahiers de l'Institut de géographie de Fribourg* 7, 31: 44.
- GREPPIN, J. B. — (1870). Jura bernois et districts adjacents. *Matér. Carte Géol. Suisse*, huitième livraison, 357 pp., 8 pl.
- HAEBERLI, W., HUDER, J., KEUSEN, H. R., PIKA, J. et RÖTHLISBERGER, H. — (1988). Core drilling through rock glacier-permafrost. *V. International Conference on Permafrost, Proceedings* 2: 937-942.
- HANTKE, R. — (1980). Eiszeitalter 2. 703 pp. *Ott Verlag Thun*.
- HOFMANN, F. — (1973). Horizonte fremdartiger Auswürflinge in der ostschweizerischen Oberen Süsswassermolasse und Versuch einer Deutung ihrer Entstehung als Impaktphänomen. *Eclogae Geol. Helv.* 66/1: 83-100.
- HOFMANN, F. et BÄCHTIGER, K. — (1976). Die Oberflächenstruktur Les Chenevières - Champ-Meusel am Mont-Soleil bei Saint-Imier (Berner Jura) als vermutliches Ergebnis eines Meteoriten-Einschlags. *Eclogae Geol. Helv.* 69/1: 177-179.
- MONBARON, M. — (1975). Contribution à l'étude des cluses jurassiennes. 208 pp., 8 pl. *Thèse Univ. Neuchâtel*.
- PANCZA, A. — (1989). Un pergélisol actuel dans le Jura neuchâtelois. Environnement et Quaternaire. Mélanges offerts à Jean-Pierre Portmann. *Bull. Soc. Neuchâtel. Géogr.* 32-33: 129-140.
- PFIRTER, U. — (en prépar.). Atlas géologique de la Suisse, feuille Moutier. Maquette originale, *Serv. Hydrol. Géol. Natl. Berne*.
- ROLLIER, L. — (1893). Structure et histoire géologique de la partie du Jura central comprise entre le Doubs (Chaux-de-Fonds), le val de Delémont, le lac de Neuchâtel et le Weissenstein. *Matér. Carte Géol. Suisse*, huitième livraison, premier suppl., 285 pp., 5 pl.
- SCHARDT, H. et DUBOIS, A. — (1903). Description géologique de la région des gorges de l'Areuse (Jura neuchâtelois). *Eclogae Geol. Helv.* V: 367-476, 4 pl.