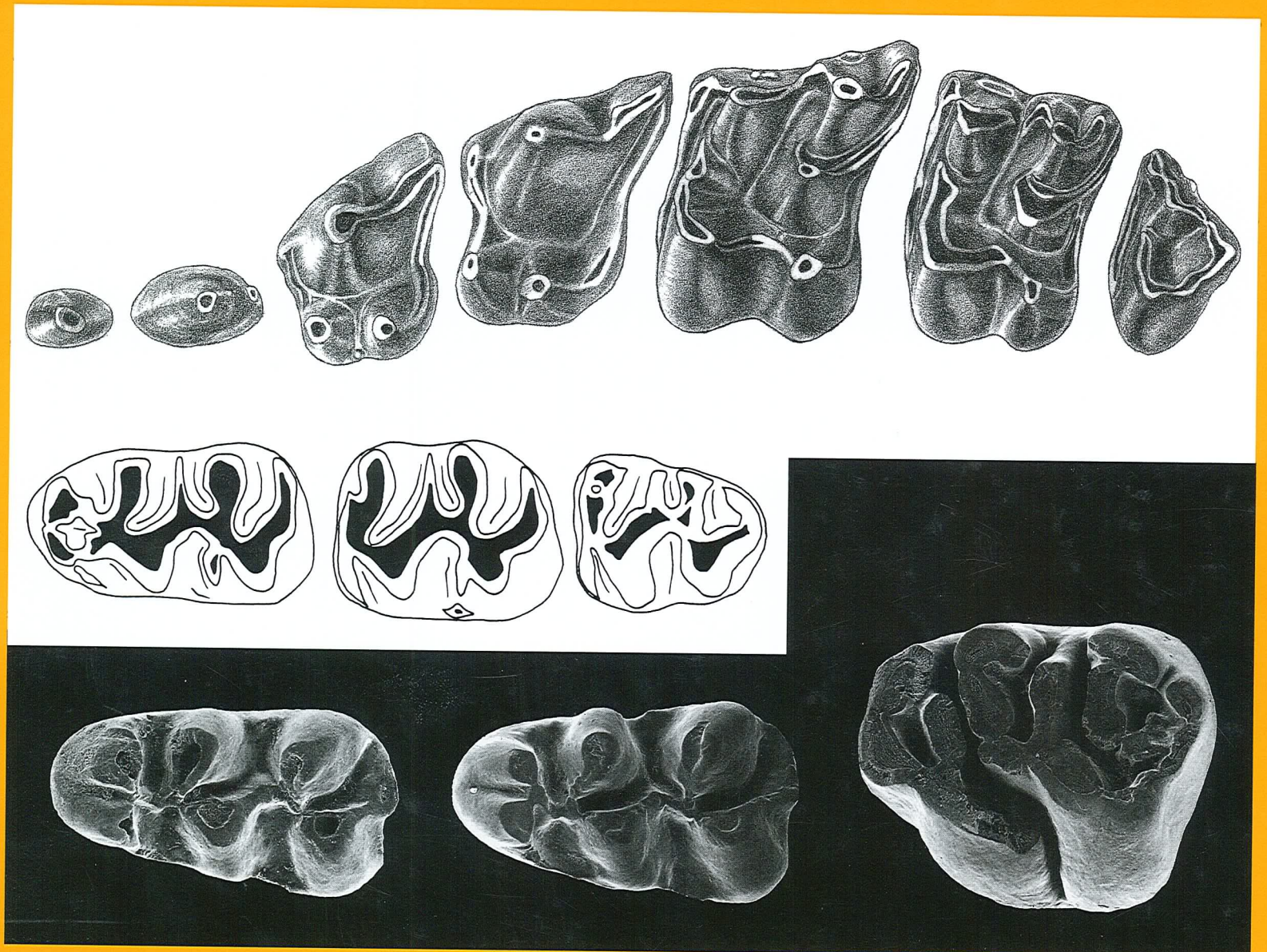


## Die jungmiozäne Säugetierfauna vom Nebelbergweg bei Nunningen (Kanton Solothurn, Schweiz)

Daniel Kälin und Burkart Engesser

## Paléontologie et âge de la Molasse d'eau douce supérieure (OSM) du Jura neuchâtelais

Daniel Kälin, Marc Weidmann, Burkart Engesser, Jean-Pierre Berger



# Paléontologie et âge de la Molasse d'eau douce supérieure (OSM) du Jura neuchâtelois

Par

Daniel Kälin

Moosbühlstrasse 3a, CH-3302 Moosseedorf

Marc Weidmann

3, sentier du Molard, CH-1805 Jongny

Burkart Engesser

Naturhistorisches Museum Basel, Augustinergasse 2, CH-4001 Basel

&

Jean-Pierre Berger

Institut de Géologie, Pérolles, CH-1700 Fribourg

37 Seiten, 17 figures, 2 planches, 3 tableaux

# Table des matières

1. Résumé .....	66	16 – Sondages à l'usine Cridor 1989 (fig. 14) .....	81
2. Zusammenfassung .....	66	Sondage 1 (554°186/217°572) .....	81
3. Abstract .....	67	Sondage 2 (554°130/217°570) .....	82
4. Introduction .....	68	Sondage 3 (554°145/217°614) .....	82
4.1. Historique des recherches, buts et méthodes .....	68	5.3. Synclinal des Brenets: Villers-le-Lac (Doubs, France) .....	83
4.2. Lieux de conservation des fossiles .....	68	17 – Sud-est de Villers-le-Lac 1994 (fig. 15) .....	83
4.3. Remerciements .....	69	5.4. Synclinal des Ponts-de-Martel .....	84
4.4. Cadre et nomenclature lithostratigraphique .....	69	18 – Centre sportif régional 1988 (fig. 16) .....	84
5. Description des localités fossilifères .....	70	19 – Profil en rive gauche du Bied 1991 (fig. 16) .....	84
5.1. Secteur du Locle .....	70	5.5. Horizons à smectite .....	85
1 – Combe Girard 1981 (fig. 5) .....	70	6. Commentaires sur les divers groupes de fossiles rencontrés dans l'OSM: paléoécologie et milieux de sédimentation .....	86
2 – Combe des Enfers 1991 (fig. 6) .....	71	Charophytes .....	86
3 – Pied-du-Crêt 1981 (fig. 6) .....	71	Végétaux supérieurs .....	86
4 – Haut-du-Crêt 1995–1996 (fig. 6) .....	71	Mollusques .....	86
5 – Le Verger/Sous-le-Stand 1989–1992 (fig. 7 et 8) .....	72	Foraminifères .....	86
Profil 5a (fig. 7) .....	72	Bryozoaires .....	86
Profil 5b (fig. 8) .....	74	Ostracodes .....	86
6 – Combe du Stand 1982 (fig. 9) .....	75	Poissons .....	86
7 – Rue J.-J. Huguenin 1984 (fig. 9) .....	75	Amphibiens .....	87
8 – Sondage S7, Terrain de sport 1983 (fig. 9) .....	76	Reptiles .....	87
9 – Sondage S13, Tours Dixi 1983 (fig. 9) .....	76	Oiseaux .....	87
10 – Sondages à l'usine Klaus 1991 (fig. 10) .....	76	Mammifères .....	87
11 – Sondage aux Billodes, route de France 1991 (fig. 11) .....	78	7. Résultats biostratigraphiques .....	93
5.2. Secteur de La Chaux-de-Fonds .....	79	7.1. L'âge de l'«Oeningien» dans le synclinal Le Locle–La Chaux-de-Fonds .....	93
12 – Fouille pour immeuble aux Eplatures 1989 (fig. 12) .....	79	7.2. Faciès et âge de la Marne rouge et de la Gompholite (fig. 17) .....	93
13 – Sondages IGESA aux Eplatures 1982 .....	80	8. Conclusions .....	96
14 et 15 – Sondages à la rue du Midi-passage sous-voie 1989 (fig. 13) .....	80	9. Bibliographie .....	97
Sondage 14 .....	80		
Sondage 15 .....	81		

# 1. Résumé

Le présent travail expose les résultats acquis au cours des vingt dernières années sur les sédiments tertiaires de trois synclinaux du Haut-Jura. L'analyse paléontologique a montré la présence de nombreux taxa permettant de préciser l'âge et le milieu de dépôt des diverses formations étudiées: mammifères, poissons, reptiles, ostracodes, bryozoaires, mollusques, foraminifères, nannofossiles calcaires, fruits, feuilles et charophytes. Les résultats biostratigraphiques sont les suivants:

*Molasse marine supérieure (OMM)*: Les foraminifères et bryozoaires isolés dans les «grès glauconieux verts» n'ont pas permis une détermination précise de l'âge de cette formation qui devrait être le Burdigalien moyen-supérieur d'après l'âge des formations sus-jacentes et d'après des comparaisons avec d'autres régions.

*Marnes rouges/Gompholite*: Dans le synclinal Le Locle–La Chaux-de-Fonds, cette formation contient des fossiles qui témoignent de milieux de dépôt variés: poissons et charophytes d'eau douce, ainsi que mammifères terrestres (d'âge MN6 probable), alternent avec ou succèdent à des épisodes marins ou saumâtres, dans lesquels les foraminifères, bryozoaires et ostracodes n'ont pas permis une datation précise. Dans le synclinal des Brenets, des marnes sombres ou rouges alternent avec des gompholites et ont livré des mammifères d'âge MN5. En

fin, aux Ponts-de-Martel, des marnes, sables et conglomérats marins, puis saumâtres, sont datés à leur base par des nannofossiles de la biozone NN5; immédiatement sus-jacents, les marnes, craies et calcaires lacustres de l'OSM contiennent des mammifères datés MN5. En conclusion, les Marnes rouges/Gompholite, qui soulignent la transition OMM/OSM dans ce secteur du Jura, datent du Burdigalien supérieur et du Langhien et montrent ainsi une diachronie d'un synclinal à l'autre.

«*Oeningien*»: Dans le synclinal Le Locle–La Chaux-de-Fonds, cette formation surtout lacustre mesure environ 200 m d'épaisseur et des mammifères y ont été isolés dès la base (d'âge ?MN6) et jusqu'au sommet daté de MN7. Le faciès «oeningien» s'est déposé pendant une courte période de moins de 500 000 ans au cours du Serravallien entre 13,5 et 14,0 millions d'années. Dans le synclinal des Ponts-de-Martel, ce même faciès «oeningien» s'est installé plus tôt (zone MN5). Ainsi, tout comme dans le Jura septentrional, l'OSM n'a pas été sédimentée dans un seul vaste bassin surtout lacustre, mais dans plusieurs secteurs tantôt isolés et tantôt interconnectés qui n'étaient pas toujours contemporains. Une tectonique synsédimentaire active en était vraisemblablement la cause.

# 2. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit fasst die im Verlauf der letzten zwanzig Jahre gewonnenen Ergebnisse über drei Tertiärsynclinalen im westschweizerischen Hochjura zusammen. Aus den diversen untersuchten Formationen wurde ein umfangreiches Fossilmaterial gewonnen, welches wertvolle Daten zum Alter und Ablagerungsmilieu dieser Sedimente liefert: Säugetiere, Fische, Reptilien, Ostrakoden, Bryozoen, Mollusken, Foraminiferen, kalkiges Nannoplankton, Frucht- und Blattreste sowie Characeen. Folgende biostratigraphische Resultate wurden erzielt:

*Oberer Meeresmolasse (OMM)*: Die aus den «grès glauconieux verts» isolierten Foraminiferen und Bryozoen erlauben keine genaue Alterseinstufung dieser Formation. Aufgrund der darüber liegenden Sedimente und durch Vergleiche mit benachbarten Regionen wird auf ein Alter von Mittel- bis Oberburdigal geschlossen.

*Marnes rouges/Gompholite*: In der Synklinale von Le Locle–La Chaux-de-Fonds enthält diese Formation Fossilien, die verschiedene Ablagerungsmilieus bezeugen: Schichten mit Süswasserfischen und Charophyten sowie Landsäugetieren, die möglicherweise der Zone MN6 zuzuordnen sind, alternieren oder folgen auf Schichten mit marinem oder brackischem Einfluss. Die in letzteren Schichten aufgefundenen Foraminiferen, Bryozoen und Ostrakoden ermöglichten keine genaue Alterseinstufung. In der Synklinale von Les Brenets wechseln dunkle oder rote Mergel mit Gompholit. Die einzige in dieser Abfolge aufgefundene Säugetierfauna belegt den älteren Teil der Zone MN5.

Bei Les Ponts-de-Martel konnten marine Mergel, Sande und Konglomerate mittels kalkigen Nannoplanktons in die Biozone NN5 eingestuft werden. Unmittelbar darüber folgen lakustrische Mergel, Kreide und Kalke der Oberen Süswassermolasse, die aufgrund einer Kleinsäugerfauna in MN5 gestellt werden konnten. Marnes rouges/Gompholite, die in diesem Bereich des Jura den Übergang OMM/OSM darstellen, sind in das späte Burdigal und ins Langh zu stellen und zeigen somit eine Diachronie von einer Synklinale zur anderen an.

«*Oeningien*»: In der Synklinale von Le Locle–La Chaux-de-Fonds tritt eine überwiegend lakustrische Formation in einer Mächtigkeit von ungefähr 200 m auf. Säugetierfunde belegen an der Basis der Formation möglicherweise eine Zugehörigkeit zur Zone MN6 (oder jünger), während die jüngsten Funde im Dach der Formation die Zone MN7 belegen und exakt dem Niveau von Steinheim (Deutschland) entsprechen. Der Ablagerungstypus «Oeningien» wurde demzufolge während des Serravalls (13,5 bis 14,0 Mio. Jahre) in einer kurzen Zeitspanne von weniger als 500 000 Jahren abgelagert. In der südlich gelegenen Synklinale von Les Ponts-de-Martel setzte die Sedimentation des gleichen Ablagerungstypus «Oeningien» früher, während MN5, ein. Somit wurde die OSM, wie im gesamten nördlichen Jura, nicht in einem einzigen grossen, überwiegend lakustrischen Becken abgelagert. Vielmehr erfolgte die Sedimentation zu unterschiedlichen Zeiten in verschiedenen Sektoren, die manchmal vollständig voneinander isoliert waren, zeitweise aber auch miteinander in Verbindung standen. Als Ursache dieses Ablagerungsmusters wird eine aktive synsédimentäre Tektonik vermutet.

### 3. Abstract

This study reports the stratigraphic relationships among three Tertiary synclines in the Jura mountains of western Switzerland. Abundant fossil material was collected from several different formations during the past twenty years, including mammals, fishes, reptiles, ostracodes, bryozoans, molluscs, foraminifera, calcareous nannoplankton, fruit and leaf remains, and charophytes. These fossils provide valuable data regarding the age and the environments of deposition of the formations which can be summarized as follows:

*Upper Marine Molasse (OMM)*: Although foraminifera and bryozoans obtained from the "grès glauconieux verts" do not permit a precise dating of this formation. The overlying sediments as well as comparison with neighboring regions suggest that they are of Middle and Upper Burdigalian age.

*"Marnes rouges"/Gompholite*: Exposures of this formation in the syncline of Le Locle–La Chaux-de-Fonds contain fossils that indicate different sedimentary environments. Layers with freshwater fishes, charophytes, and land mammals, probably of zone MN6, alternate with or follow layers with marine or brackish water influence. The foraminifera, bryozoans, and ostracodes do not permit a precise age assignment. In the syncline of Les Brenets, dark or red marls alternate with gompholite. Mammal fossils from this sequence belong to the early part of zone MN5. Near Les Ponts-de-Martel, marine marls, sands and conglomerates could be assigned to biozone NN5 on the basis of calcareous nannoplankton. These are overlain

by lacustrine marls, chalk, and limestones of the Upper Freshwater Molasse (OSM) which are assigned to zone MN5 based on the small mammal fauna. The «Marnes rouges»/Gompholite, which represent the OMM/OSM transition in this part of the Jura mountains, range from Late Burdigalian to Langhian age and indicate that the transition was diachronous from one syncline to the other.

*"Oeningian"*: In the syncline of Le Locle–La Chaux-de-Fonds, a mainly lacustrine formation with a thickness of about 200 meters is exposed. Mammals found at the base of the formation suggest a probable age of MN6 or younger, whereas the youngest mammal fossils from the top of the formation belong to zone MN7, which corresponds precisely to the age of Steinheim (Germany). It appears, therefore, that these "Oeningian" type sediments were deposited during the Serravalian (13.5 to 14.0 million years) in a time span of less than 500,000 years. However, in the syncline of Les Ponts-de-Martel, located further south, "Oeningian" type sediments were deposited earlier, during MN5. Therefore, the Upper Freshwater Molasse, as in the whole area of the northern Jura mountains, was not deposited in a single large, mainly lacustrine basin. On the contrary, the data presented here clearly indicate that sedimentation occurred at different times in the different areas, which were sometimes connected and at other times completely isolated from one another. These patterns of sedimentation suggest an active synsedimentary tectonic regime.

## 4. Introduction

### 4.1. Historique des recherches, buts et méthodes

Il y a fort longtemps que la Molasse d'eau douce supérieure (OSM) du synclinal de La Chaux-de-Fonds–Le Locle (fig. 1–3) retient l'intérêt des géologues et suscite de nombreuses publications. Les observations de détail ont été synthétisées à plusieurs reprises, apportant à chaque fois de nouvelles interprétations: Nicolet (1839), Jaccard (1869–1870), Favre (1911), Favre & Bourquin (1937), Kübler (1962), Aubert (1975), Burger & Schaer (1996).

En se basant sur l'étude des mollusques, des feuilles ou des «grands» mammifères, ces auteurs ont attribué l'ensemble de la série à l'Oeningien supérieur, ou au Sarmatien, ou au Vindobonien supérieur, ou au Tortonien, etc. Certains de ces termes étant devenus caducs et d'autres ayant vu leur acception être modifiée, il règne actuellement un certain flou dans leur signification biochronologique. Par ailleurs, les âges précis de la base et du sommet apparent de l'OSM neuchâteloise n'étaient pas connus.

Après la parution du livre de Burger & Schaer (1996), nous n'avons pas l'ambition de présenter ici une nouvelle synthèse sur cette série molassique surtout lacustre, mais nous voulons seulement rendre compte de nos tentatives en vue de la dater aussi précisément et complètement que possible, en y recherchant en priorité des dents de micromammifères, qui se révèlent être l'outil biostratigraphique le mieux adapté à ce type de problème: voir à ce sujet une discussion méthodologique dans Bolliger (1992) et dans Kälin (1993).

Comme Kübler (1962) l'a souligné, les affleurements d'«Oeningien» sont partout rares et médiocres dans le Jura, si bien que seuls des travaux de génie civil (fouilles ou sondages) offrent temporairement de bonnes possibilités d'observation.

Partout où ce fut possible, nous avons prélevé un volume assez important (une dizaine à plusieurs centaines de kilogrammes par échantillon) de marnes palustres sombres, riches en matière organique et en mollusques. Après séchage, puis lavage sur tamis, le résidu a été trié sous la loupe et, en plus des dents de micromammifères qui s'y trouvaient parfois, la plupart des autres fossiles, entiers ou fragmentaires, ont été isolés et déterminés avec plus ou moins de précision.

En général, les fossiles animaux ou végétaux sont bien conservés et sont facilement isolés de leur gangue marneuse ou crayeuse. Rappelons que la diagenèse de l'«Oeningien» est peu prononcée: après son dépôt, cette série n'a jamais été enfouie sous une couverture sédimentaire importante. Cette dernière n'a pas dépassé 100–200 m d'épaisseur, comme en témoignent la très forte porosité des craies lacustres (Burger & Schaer 1996:129), ainsi que les mesures de la réflectance de la vitrinite contenue dans les lignites du Verger (0,23 et 0,18%Ro, Kübler et al. 1979) et du Haut-du-Crêt (0,27%Ro, mesure inédite par R. Schegg, Genève).

Dans l'un des chapitres de sa thèse, l'un de nous (Kälin 1993) a déjà donné un certain nombre de résultats biostratigraphiques sur l'OSM du Locle, ainsi qu'une étude paléontologique des dents de rongeurs et d'insectivores récoltées dans deux localités de la région. Ces données seront en partie re-

prises et complétées dans le présent travail. D'autres résultats préliminaires déjà publiés concernent les charophytes (Berger 1992), les ostracodes (Carbonnel et al. 1985) et les poissons (Reichenbacher & Weidmann 1992; Reichenbacher 1993).

### 4.2. Lieux de conservation des fossiles

Les dents de mammifères sont conservées au Naturhistorisches Museum Basel (NMB), sauf celles du niveau C 13 de la localité 5b – Le Verger/Sous-le-Stand qui se trouvent au Paläontologisches Institut und Museum der Universität Zürich (PIMUZ). La plupart des autres fossiles sont rassemblés dans la collection J.-P. Berger (Institut de Géologie de l'Université de Fribourg) et au Musée de Géologie de Lausanne, sauf les poissons (coll. B. Reichenbacher, Munich) et les ostracodes (coll. G. Carbonnel, Lyon, et coll. P. Schäfer, Mayence).

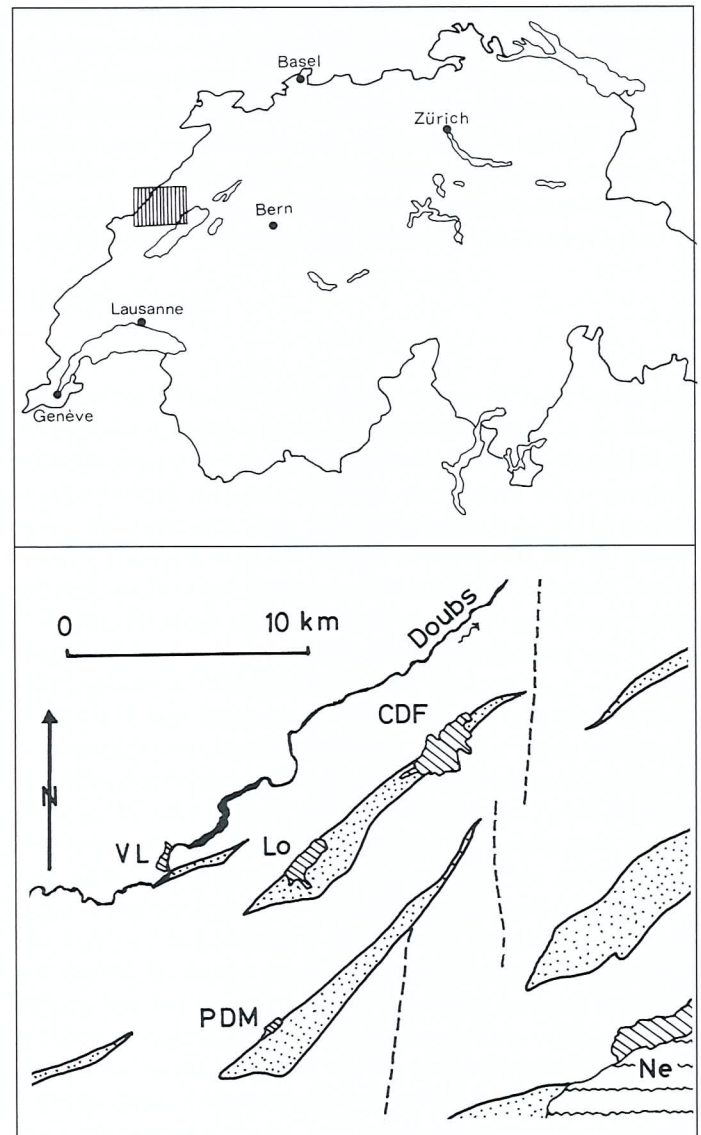


Fig. 1. Situation des quatre secteurs étudiés. CDF = La Chaux-de-Fonds, Lo = Le Locle, PDM = Les Ponts-de-Martel, VL = Villers-le-Lac, Ne = Neuchâtel. Les aires pointillées figurent l'extension du Tertiaire dans des synclinaux

### 4.3. Remerciements

Au cours des vingt dernières années, de nombreux collègues et amis nous ont signalé des affleurements temporaires que nous avons pu ensuite rapidement visiter; de plus, ils nous ont transmis des échantillons, des observations, des relevés de sondages ou d'autres documents. Nous remercions donc très chaleureusement C. Bugnon, B. Kübler†, B. Matthey, P.-O. Mojon, Y. Rangheard, J.-P. Schaer, P. Schoepfer, P. Turberg, sans qui notre travail n'aurait pas vu le jour. De même, notre gratitude va aux spécialistes qui nous ont prêté leur concours par des analyses, des déterminations ou diverses informations: C. Müller (Rueil-Malmaison) pour la nannoflore, S. Pouyet (Lyon) pour les bryozoaires, G. Carbonnel (Lyon) et P. Schäfer

(Mayence) pour les ostracodes, B. Reichenbacher (Munich) et J. Gaudant (Paris) pour les poissons, Z. Rocek (Prague) pour les amphibiens, F. Hofmann (Neuhausen), T. Peters (Berne), J. Hunziker et N. Meisser (Lausanne) pour les horizons à smectite. B. Kübler et J.-P. Schaer (Neuchâtel) nous ont fait l'amitié de critiquer une première version de notre travail, que leurs remarques ont permis d'améliorer sur de nombreux points.

Nous remercions également le Fonds national suisse pour la recherche scientifique qui a soutenu nos travaux depuis de nombreuses années dans le cadre des crédits 2.688-0.80, 2.887-0.83, 21-26604.89, 21-52359.97-1.

Johannes Hürzeler a le premier découvert des dents de rongeurs à la Combe Girard en juillet 1967. C'est en sa compagnie et au même lieu que nous avons débuté nos recherches en septembre 1981. C'est donc avec un sentiment de profonde reconnaissance que nous dédions ce travail à sa mémoire.

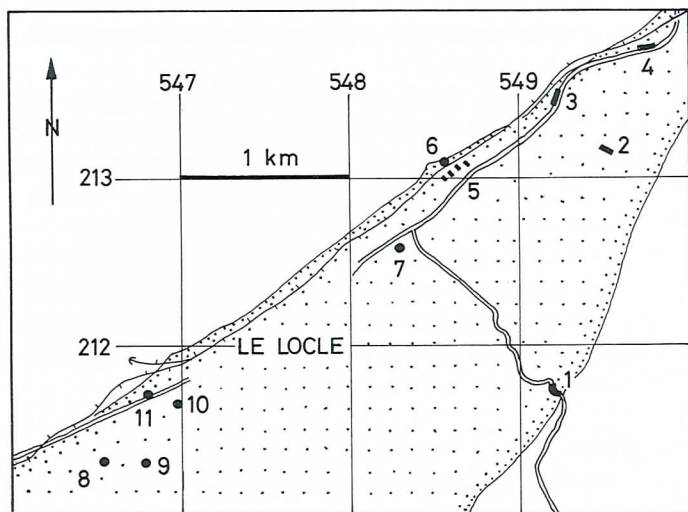


Fig. 2. Situation des localités étudiées dans la région du Locle. Mêmes numéros dans le texte. Aire pointillée = extension du Tertiaire, d'après la carte de Rollier & Favre (1910).

### 4.4. Cadre et nomenclature lithostratigraphique

Nous suivons ici la nomenclature en usage sur les cartes géologiques et les travaux récemment publiés, en précisant que les noms d'étages employés jusqu'ici l'ont été en général dans une acception lithostratigraphique à valeur strictement locale: ils seront donc cités entre guillemets. De haut en bas, la série molassique étudiée comprend les termes suivants:

*Molasse d'eau douce supérieure (OSM)*

— «Oeningien» d'eau douce et terrestre: craie, calcaire lacustre, marne argileuse, lignite.

*Molasse marine supérieure (OMM)*

— «Helvétien» plus ou moins saumâtre: Marne rouge et Gompholite.

— «Burdigalien» marin: grès glauconieux vert, grès coquillier, poudingue polygénique.

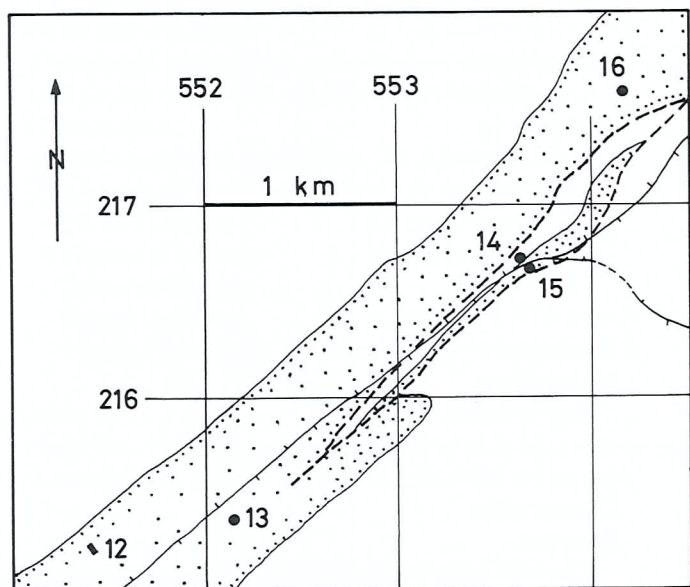


Fig. 3. Situation des localités étudiées dans la région de La Chaux-de-Fonds. Mêmes numéros dans le texte. Aire pointillée = extension du Tertiaire d'après la carte de Bourquin et al. (1968)

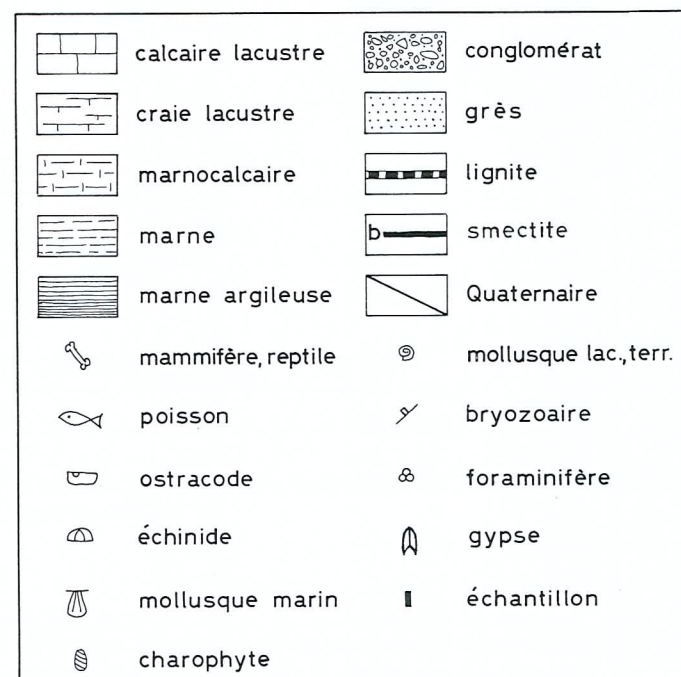


Fig. 4. Légende des figures 5 et suivantes.

## 5. Description des localités fossilifères

On présentera plus loin des commentaires sur les divers groupes de fossiles de l'OSM. Les mollusques, très variés et abondants dans tous les prélèvements, ne seront pas systématiquement mentionnés.

### 5.1. Secteur du Locle

La figure 2 situe les localités étudiées, qui portent les mêmes numéros que dans le texte. Voir aussi les cartes géologiques de Rollier & Favre (1910) et de Kiraly (in Burger & Schaer 1996, ann. 2).

#### 1 – Combe Girard 1981 (fig. 5)

Le profil débute dans des couches subverticales (0 m = coord. 549°220/211°710), à une quinzaine de mètres à l'ouest de la petite fontaine sise à l'extérieur du virage de la route; cette fontaine et la source de La Jacques qui l'alimente soulignent le passage du complexe basal du Tertiaire (Marne rouge et Gompholite) qui n'affleure plus, mais qui fut observé par Jaccard (1869–1870, pl. III:1), et que Favre (1934:358–359) décrit en détail. Notre profil se situe donc dans les grands bancs de craie parfois vacuolaire de l'«Oeningien» inférieur (Kübler 1962:28). Le profil se termine (65 m = 549°180/211°770) dans des couches légèrement renversées.

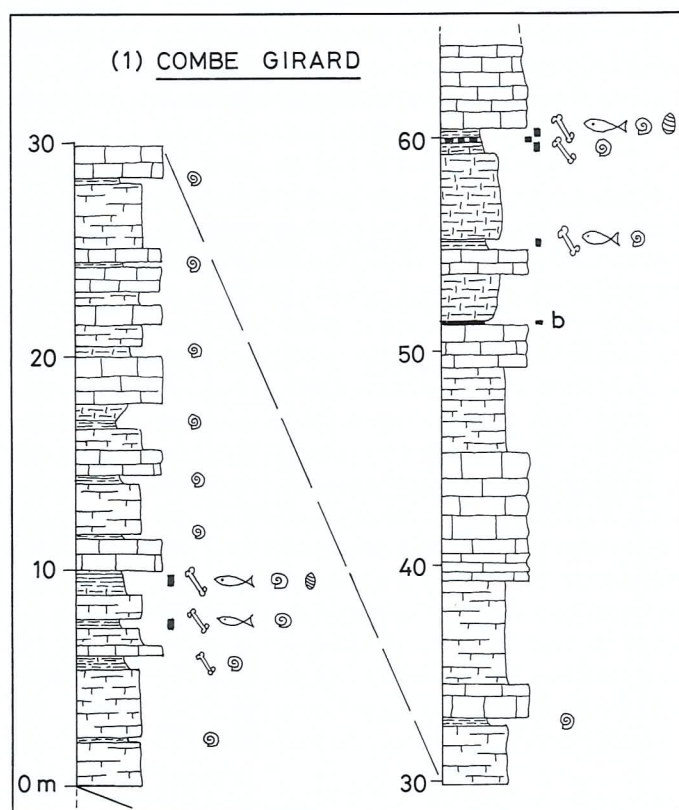


Fig. 5. Profil relevé à la base de l'«Oeningien», talus amont de la RC, Combe Girard.  
Légende: voir fig. 4.

Niveau 8 = 7,4–7,8 m

Charophytes  
Fragments de coquille d'œuf  
Poissons indét.  
Dents et os indét. de mammifères

Niveau 10 = 9,4–10,0 m

Charophytes  
Poissons:  
*Chana elliptica* (otolithes)  
Cyprinidés? (lapilli et dents pharyngiennes)  
Reptile indét.  
Mammifères:  
Soricidé gen. et sp. indét.  
*Heteroxerus* sp.  
*Megacricetodon minor*  
Cricétidé indét. nov.gen et nov.sp.? (grande taille)  
? *Democricetodon* sp.  
*Cricetodon* sp.  
*Miodyromys aegercii*  
*Prolagus oeningensis*

Les sept dents récoltées en 1967 par J. Hürzeler (*Miodyromys* sp., *Megacricetodon* sp. de petite taille) proviennent probablement du niveau 10 ou d'un niveau très proche, mais elles n'avaient pas été précisément horizontées.

Niveau 35 = 51,2–51,35 m

Argile verte-brune = smectite. Cet horizon avait déjà été identifié comme une bentonite d'origine volcanique par F. Hofmann (in lit.) en 1967, après la publication de sa note de 1958: il contient en effet les mêmes minéraux que le niveau de la Combe du Stand. Cette localité est reportée avec pas mal d'imprécision sur la carte au 1:500 000 (Spicher 1972). Voir plus loin: «Horizons à smectite».

Niveau 39 = 59,2–59,7 m

Mammifères:  
Soricidé gen. et sp. indét.  
*Galerix* sp.  
*Megacricetodon* aff. *germanicus*  
*Cricetodon* sp.  
*Miodyromys aegercii*  
*Prolagus oeningensis*

Niveau 40 = 59,7–60,0 m

Tourbe noire pulvérulente  
Mammifères:  
*Megacricetodon* sp.

Niveau 41 = 60,0–60,4 m

Charophytes  
Poissons:  
*Chana* cf. *elliptica* (otolithes)  
? Cyprinidé (lapillus)  
Mammifères:  
*Megacricetodon similis* (?)

Une quinzaine d'échantillons, prélevés le long de la route jusqu'à la fin des affleurements en direction du Locle, ont li-



vré des charophytes (coll. Y. Rangheard, Besançon, éch. L20–L100; voir Berger 1992) ou des ostracodes lacustres (coll. G. Carbonnel, Lyon; voir Carbonnel et al. 1985).

## 2 – Combe des Enfers 1991 (fig. 6)

Situé au débouché de la Combe et à mi-hauteur du flanc gauche, ce profil fut temporairement visible grâce à l'élargissement d'un chemin. Il débute (0 m) en 549°540/213°150 et se termine (51 m) en 549°500/213°160. Couches en position normale, plongeant de 75–85° vers le NW, appartenant probablement à l'«Oeningien» supérieur (Kübler 1962).

Niveau 7 = 12,5 m

Biocalcarénite bien triée faite de fragments de coquilles et témoignant de conditions hydrodynamiques assez agitées.

Entre 20 et 32 m

Plusieurs couches de smectite brune, orangée, blanche ou noire, épais de 5–20 cm. Voir plus loin: «Horizons à smectite».

Niveau 24 = 38,0–38,4 m

Charophytes

Poissons indét.

Crabes d'eau douce (fragments de pinces et de carapaces)

## 3 – Pied-du-Crêt 1981 (fig. 6)

En septembre 1981, la route cantonale a été élargie du côté amont, ce qui a dégagé sur une centaine de mètres de longueur des couches plongeant de 30–50° vers le nord ou vers le nord-nord-ouest, en position normale, appartenant probablement à l'«Oeningien» supérieur (Kübler 1962). Le profil débute (0 m) en 549°320/213°430 et se termine (19 m) en 549°230/213°510.

Niveau 19,0–19,30 m

Des quatre échantillons prélevés dans des marnes sombres, seul le plus élevé (19,0–19,3 m) a livré des fossiles:

Charophytes

Micromammifères indét.

Poissons (nombreux otolithes):

*Channa elliptica*

*Channa cf. elliptica*

*Gobius altiformis*

*Gobius latiformis*

? Cyprinidé (lapilli)

Niveau 2,2–2,3 m

Smectite verte et jaune-moutarde. Voir plus loin: «Horizons à smectite».

## 4 – Haut-du-Crêt 1995–1996 (fig. 6)

En 1931, une profonde tranchée fut creusée pour la nouvelle route cantonale reliant Le Locle à La Chaux-de-Fonds, à environ 300 m au sud du hameau du Haut-du-Crêt; Favre & Bourquin (1932; 1937, fig. 1) y ont relevé un court profil dans des

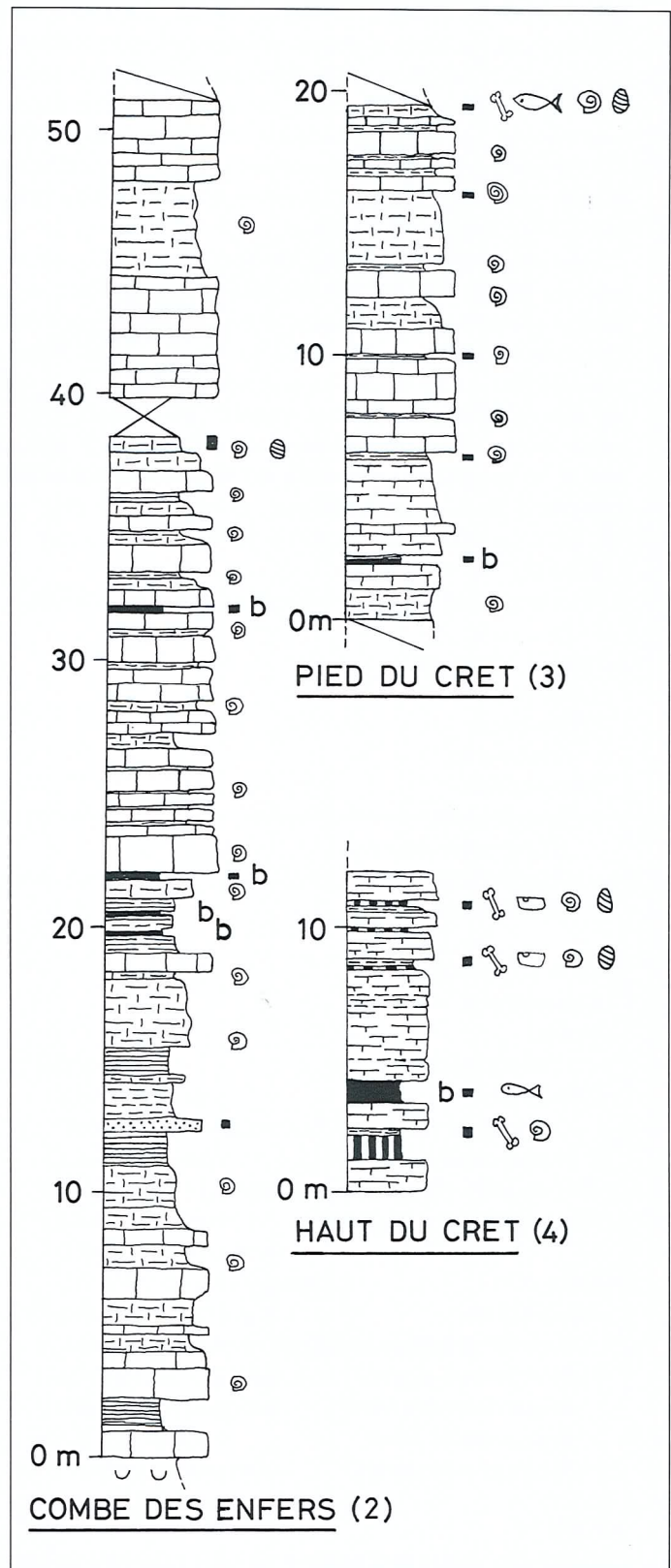


Fig. 6. Trois profils dans l'«Oeningien» au nord-est du Locle. Légende: voir fig. 4.

tourbes et des craies tendres, souvent silicifiées et très riches en mollusques, appartenant à la partie tout à fait supérieure de la série molassique. Kübler (1962) a ensuite montré que ces thalassocénoses à petits gastéropodes étaient caractérisées par

des teneurs anormalement élevées en Sr, Na et Mg-calcite, causées par les ultimes phases d'évaporation et d'atterrissement du lac. C'est dans ces couches supérieures de la série molassique que Favre et Bourquin ont eu la chance de découvrir une cheville osseuse de gazelle qui fut déterminée par Stehlin (1937) comme *Gazella cf. deperdita* Gervais. Aujourd'hui cette gazelle porte le nom de *Caprotragoides potwaricus* (Pilgrim 1939) (voir Köhler 1987:168).

L'élargissement de la route en novembre 1995, au même endroit (entre 549°700/213°760 et 549°790/213°780), nous a permis d'observer et d'échantillonner ces couches tourbeuses et crayeuses meubles. Elles sont ici curieusement déformées par des plis obliques ou transversaux à l'axe de la vallée; de plus, elles incluent à leur sommet des lambeaux de moraine locale, elle aussi plissée; ces déformations sont dues soit à un glissement généralisé du versant, soit plus probablement à de la glacitectonique, un phénomène déjà observé dans la vallée par Schardt (1900–1901) et par Favre (1911:426).

Les trois niveaux tourbeux échantillonnés sont fossilifères.

#### Niveau 4, supérieur

Charophytes

Ostracodes:

*Candona* sp.

Mammifères:

Talpidé indét.

*Miodyromys aegercii*

Cricétidé indét.

Gliridé indét.

#### Niveau 12, moyen

Charophytes

Fruits:

*Cladocarya trebovensis*

Ostracodes:

*Candona* sp. (juv.)

*Pseudocandona* sp. (juv.)

Tortue indét. (fragments de carapace)

Rongeurs indét. (incisives)

#### Niveau 16–17

Mammifères:

Soricidé gen. et sp. indét.

*Miodyromys aegercii*

*Megacricetodon minor*

*Eumyarion* cf. *latior*

*Prolagus oeningensis*

#### Niveau 14

Ce niveau, mélange d'argile et de sable calcaire très fin, gris-bleu, feuilleté et granoclassé, témoigne de l'influence de courants lors du dépôt. Il a livré une riche faune d'eau douce:

Ostracodes:

*Ilyocypris* sp.

? *Cyclocypris* sp.

*Candona* sp.

*Pseudocandona* sp.

? *Cypridopsis* sp.

? *Curvopsis* sp.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

En avril 1996, l'élargissement de la route a été prolongé vers l'aval sur une longueur d'environ 300 m. Les couches dégagées, localement perturbées par un glissement de terrain, étaient surtout des calcaires lacustres plus ou moins crayeux, avec plusieurs horizons à smectite. Nous n'y avons pas trouvé de mammifères.

## 5 – Le Verger/Sous-le-Stand 1989–1992 (fig. 7 et 8)

Entre Le Verger (route cantonale) et la Combe du Stand (voie CFF), sur une longueur de près de 300 m, un quartier de logements individuels a vu le jour entre 1989 et 1992, le long d'un nouvel accès routier baptisé depuis rue H.-C. Andersen. Les terrassements ont ainsi dégagé une succession de profils partiels révélant une tectonique fort complexe, que Kübler (1962:20–21, pl. II) avait déjà illustrée grâce à la galerie de la Maladière, sise en profondeur entre 30 et 50 mètres plus bas et un peu plus à l'ouest. Le profil 5a de la figure 7 a été relevé en septembre 1989 par J.-P. Berger et M. Weidmann vers 548°680/213°100. Les trois profils 5b de la figure 8 l'ont été au cours des années suivantes par D. Kälin, au fur et à mesure de l'avancement des travaux (A = 548°700/213°075, B = 548°600/213°030, C = 548°675/213°080). Les corrélations entre les profils ne sont pas assurées, à cause du fauchage local du versant et des nombreux chevauchements et replis. Néanmoins, cet ensemble appartient à l'«Oeningien» supérieur caractérisé par ses niveaux ligniteux ou tourbeux (Jaccard 1864; 1869–1870, pl. III:1, 6; Favre 1911, fig. 16).

### Profil 5a (fig. 7)

Niveau 39

Marne pétrie d'innombrables ostracodes mal conservés.

Niveau 35

Charophytes

Fruits:

*Stratiotes* sp.

*Cladocarya trebovensis*

Poissons indét.

Amphibiens indét.

Reptiles indét.

Niveau 33

Charophytes

Ostracodes:

*Pseudocandona* cf. *steinheimensis*

*Candona* sp.

? *Cyclocypris* sp.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

Niveau 32

Ostracodes indét.

Amphibiens indét.

Reptiles indét.

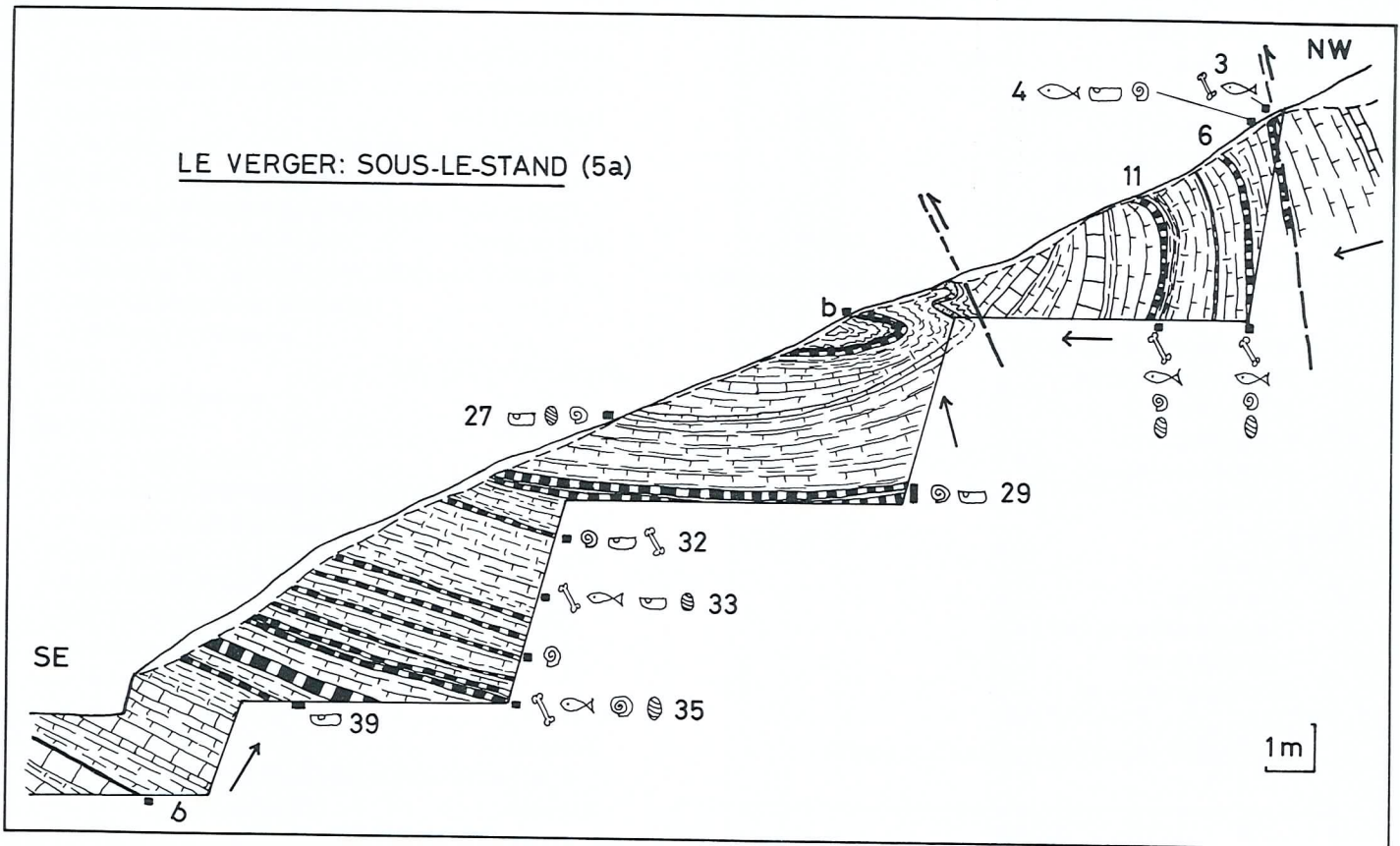


Fig. 7. Relevé schématique des fondations d'un immeuble en amont de la rue H.-C. Andersen, en face du Verger et sous la Combe du Stand. Septembre 1989.  
Légende: voir fig. 4.

Niveau 29

Fruits:

*Stratiotes* sp.

Ostracodes:

*Candona* sp. (juv.)

*Pseudocandona* sp. (juv.)

Niveau 27

Charophytes

Fruits:

*Stratiotes* sp.

Ostracodes:

*Ilyocypris* cf. *essertinensis*

*Potamocypris* spp.

? *Cypridopsis* sp.

*Candona* sp.

Niveau 11

Charophytes

Fruits:

*Celtis* sp.

*Cladocarya trebovensis*

*Stratiotes* sp.

Incertae sedis:

*Coprolithes hexagonalis*

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

Reptiles:

*Ophisaurus* sp.

Tortue (fragments de carapace)

Coquille d'œuf

Mammifères:

*Galerix* aff. *socialis*

*Plesiodimylus chantrei*

*Dinosorex* cf. *pachygnathus*

*Megacricetodon minor*

*Democricetodon* sp. (de grande taille)

*Anomalomys gaudryi*

*Miodromys aegercii*

*Glirudinus* sp.

*Prolagus oeningensis*

*Trogontherium minutum*

Niveau 6

Charophytes

Fruits:

*Celtis* sp.

Incertae sedis:

*Coprolithes hexagonalis*

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

Reptiles:

*Ophisaurus* sp. (ostéodermes)

Tortue indét.

Amphibiens indét.

Mammifères:

*Galerix* sp.

*Eumyarion* sp.

*Megacricetodon similis*

*Megacricetodon minor*

*Megacricetodon gregarius*

*Collimys transversus*

*Democricetodon* cf. *freisingensis* (même forme que celle de Vermes 3?)

*Microdyromys miocaenicus*

*Miodyromys aegercii*

*Myoglis meini*

? *Paraglrululus* sp.

*Prolagus oeningensis*

Niveau 4

Ostracodes:

*Candona* sp.

*Pseudocandona* sp. (juv.)

*Cypridopsis* sp.

*Paralimnocythere* sp.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

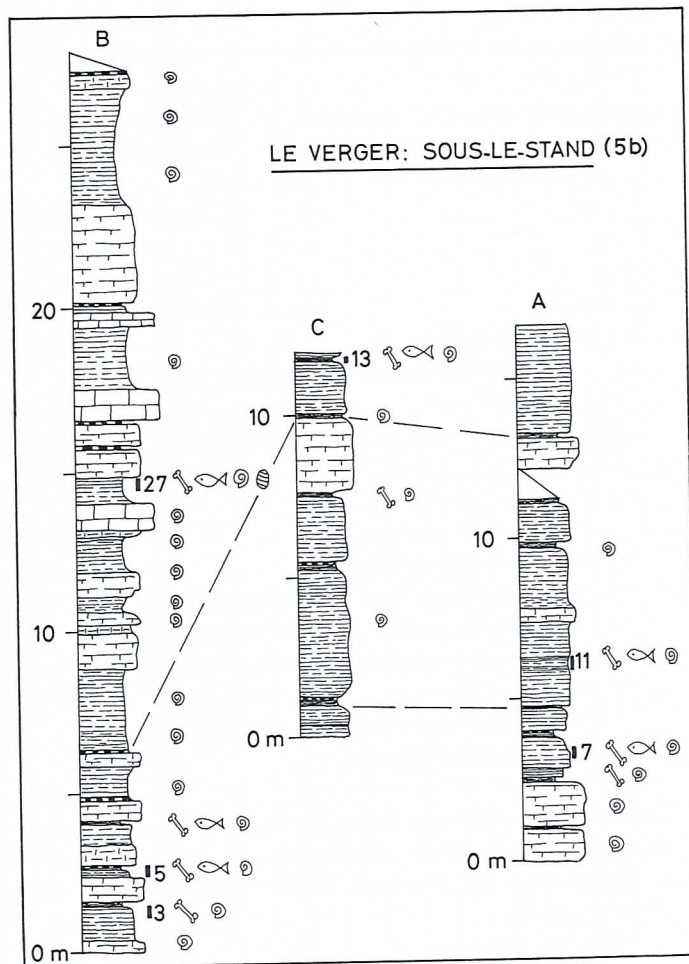


Fig. 8. Trois profils de l'«Oeningien» supérieur dans des fondations pour immeubles à la rue H.-C. Andersen, en face du Verger et sous la Combe du Stand. 1990–1992.

La corrélation entre B et C est hypothétique.

Légende: voir fig. 4

Niveau 3

Fruits:

*Cladocarya* sp.

Incertae sedis:

*Coprolithes hexagonalis*

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

Mammifères:

Lagomorphe indét.

### Profil 5b (fig. 8)

Niveau B 3

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

Reptile indét. (une petite mandibule)

Mammifères:

Cricétidé indét.

*Miodyromys aegercii*

Lagomorphe indét.

Niveau B 5

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

Reptiles:

*Ophisaurus* sp. (ostéodermes)

Mammifères:

*Megacricetodon* sp.

Niveau B 7

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

Reptile indét. (une petite mandibule)

Niveau B 25

Fruits:

*Stratiotes* sp.

Niveau B 27

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

Reptiles:

Ophidien (une vertèbre)

Tortue (fragm. de carapace)

*Ophisaurus* sp.

Mammifères:

*Galerix* sp.

Talpidé gen. et sp. indét.

*Megacricetodon minor*

*Megacricetodon similis*

*Democricetodon* sp.

*Miodyromys aegercii*

*Prolagus oeningensis*

Niveau C 13

Fruits:

*Stratiotes* sp.

Feuilles:

*Phragmites* sp. ou *Typha* sp.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

Amphibiens (dét. Z. Roček):

*Latonia* sp.

*Chelotriton* sp.

Reptiles:

Fragments de coquille d'œuf

Mandibules de petit reptile

*Ophisaurus* sp. (ostéodermes)

*Emys* sp. (fragm. de carapace)

Ophidien (vertèbre)

Oiseaux:

Pelotes de réjection

Mammifères:

*Galerix* aff. *socialis*

*Dinosorex* cf. *pachygnathus*

*Proscapanus* sp.

*Talpa minuta*

*Desmanella* aff. *stehlini*

Talpidé gen. et sp. indét.

*Democricetodon* sp. 1 (petite taille)

*Democricetodon* sp. 2 (grande taille)

*Megacricetodon minor*

*Anomalomys gaudryi*

*Miodyromys aegercii*

Soricidé gen. et sp. indét.

*Prolagus oeningensis*

*Micromeryx flourensianus*

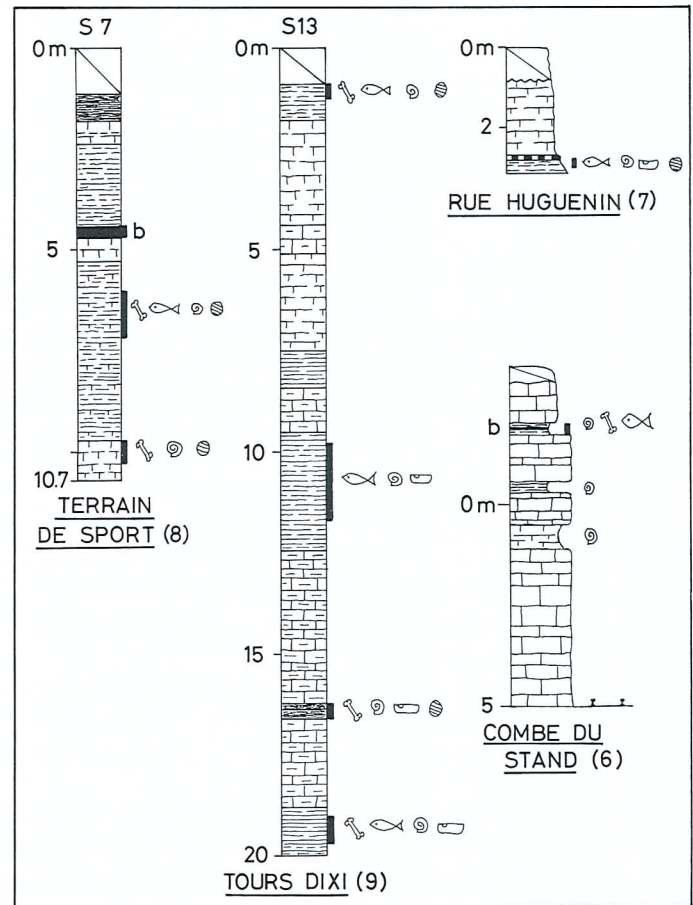


Fig. 9. Profils de l'«Oeningien» dans les sondages S7 et S13 au sud-ouest du Locle (documents B. Matthey), dans une fouille pour immeuble à la rue J.-J. Huguenin et dans le talus de la voie CFF à la Combe du Stand.

Légende: voir fig. 4.

Niveau A 5

Une mandibule de petit reptile et une vertèbre de serpent.

Niveau A 7

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

Reptiles:

*Ophisaurus* sp. (ostéodermes)

Petites dents indét.

Mammifères:

*Megacricetodon minor*

*Prolagus oeningensis*

Niveau A 11

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

Reptiles:

Petites mandibules

Fragments de carapace de tortue

Mammifères:

*Megacricetodon* aff. *germanicus*

*Prolagus oeningensis*

## 6 – Combe du Stand 1982 (fig. 9)

Favre (1911:419–421) a le premier décrit et analysé les niveaux d'argile (smectite, nommée anciennement montmorillonite) qui affleurent en série renversée dans le talus amont de la voie du chemin de fer, sur les deux flancs de la Combe du Stand. Hofmann (1958) les a ensuite assimilés à des bentonites, issues de retombées de cendres volcaniques, ce qu'ont confirmé par

la suite les analyses minéralogiques de Kübler (1962) et de Harr (1976). Ces couches appartiennent à l'«Oeningien» inférieur. Nous avons revu ce profil le long de la voie, un peu au nord-ouest de la Combe du Stand (coord. 548°575/213°090). Les marnes brunes à mollusques qui encadrent un des horizons à smectite (voir plus loin) ont livré:

Poissons:

Cyprinidés? (lapilli)

*Channa* sp. cf. *elliptica* (otolithes)

*Gobius altiformis*

*Gobius latiformis*

Mammifères:

*Megacricetodon* sp. (dont la taille se situe entre celles de *M. minor* et de *M. similis*)

## 7 – Rue J.-J. Huguenin 1984 (fig. 9)

P.-O. Mojon a récolté dans les fondations d'un immeuble en construction (coord. 548°290/212°580) un échantillon de marne ligniteuse appartenant probablement à l'Oeningien supérieur. Nous y avons isolé:

Charophytes

Fruits:

*Carpolithes reticulatus*

Poissons:

*Palaeoleuciscus* sp. (dents pharyngiennes)

Ostracodes lacustres (Carbonnel et al. 1985):

*Candona kirchbergensis*

*Ilyocypris gibba*

? *Cyclocypris* sp.

## 8 – Sondage S7, Terrain de sport 1983 (fig. 9)

Implanté en 546°555/211°325, ce sondage a rencontré, sous 1,5 m de tourbe et d'argile tourbeuse quaternaires, des marnes et craies subhorizontales, appartenant à l'«Oeningien» probablement moyen.

Echantillon 6,0–7,2 m

Charophytes

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

*Gobius* sp. 1

*Channa elliptica*

Reptile indét.

Mammifères:

*Dinosorex* cf. *pachygnathus*

Il faut également relever la présence dans cet échantillon de rosettes de *Microcodium elegans*, vraisemblablement remaniées de la Gompholite, qui en contient beaucoup (Favre 1937b).

Echantillon 9,6–10,3 m

Charophytes

Fragments de crabe d'eau douce

Dents indét. de micromammifères

## 9 – Sondage S13, Tours Dixi 1983 (fig. 9)

Implanté en 546°785/211°320, ce sondage a traversé une série subhorizontale appartenant à l'«Oeningien» probablement moyen.

Echantillon 0,9–1,3 m

Charophytes

Poissons (otolithes):

*Gobius* aff. *helvetiae*

*Gobius latiformis*

*Channa elliptica*

Micromammifères indét.

Echantillon 9,8–11,7 m

Charophytes

Ostracodes lacustres (Carbonnel et al. 1985)

*Candona kirchbergensis*

*Cypridopsis biplanata*

*Paralimnocythere rostrata*

*Ilyocypris gibba*

*Pseudocandona compressa*

Poissons (otolithes):

*Gobius* aff. *helvetiae*

*Channa elliptica*

Echantillon 16,2–16,6 m

Charophytes

Ostracodes:

*Candona* sp.

*Pseudocandona* sp.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

*Gobius* aff. *helvetiae* (otolithes)

Mammifères:

Gliridé indét.

Echantillon 19,0–19,7 m

Ostracodes:

*Paralimnocythere rostrata*

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

*Gobius* sp. 2 (otolithes)

Mammifères:

*Miodromys aegercii*

*Megacricetodon (similis?)*

## 10 – Sondages à l'usine Klaus 1991 (fig. 10)

Ces trois sondages sont proches les uns des autres (F1 = 546°970/211°660; F2 = 547°005/211°650; F3 = 546°995/211°650); les couches y sont subhorizontales et montrent des variations latérales notables. Il s'agit de l'«Oeningien» probablement moyen.

Sondage F1: 10,8–10,9 m

Charophytes

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

*Gobius altiformis* (otolithes)

Sondage F1: 15,2–15,45 m

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

*Channa elliptica*

Mammifères:

Insectivores indét.

Lagomorphes indét.

Sondage F1: 18,2–18,4 m

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

*Gobius* sp. (dents)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

Sondage F1: 19,1–19,6 m

Charophytes

Poissons:

Cyprinidés? (lapilli)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Channa* sp.

Mammifères:

*Megacricetodon* sp. (aff. *germanicus*?)

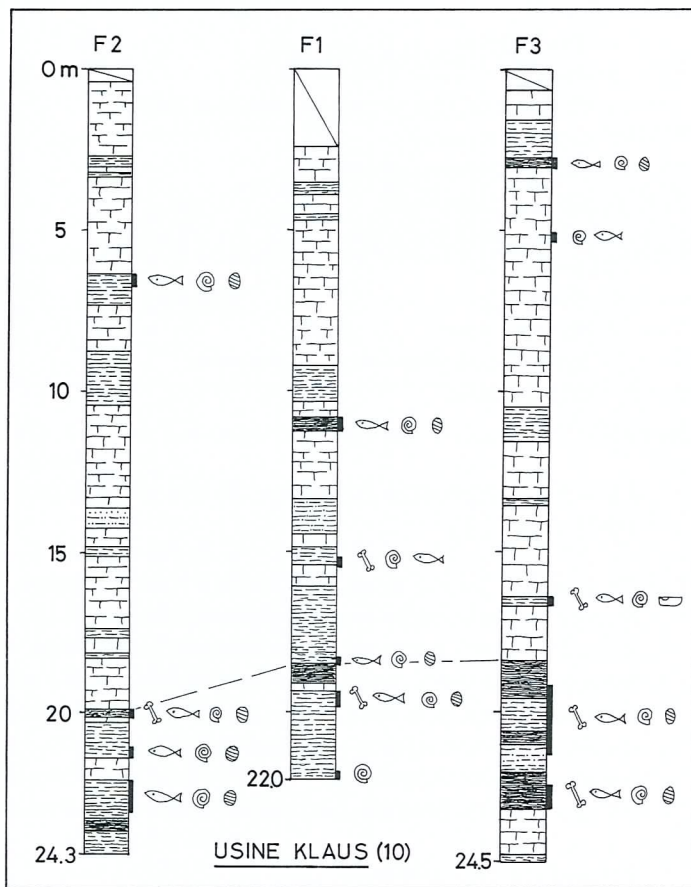


Fig. 10. Profils de trois sondages dans l'«Oeningien» à l'ancienne usine Klaus, au sud-ouest du Locle (documents B. Matthey).

Légende: voir fig. 4.

Sondage F2: 6,3–6,6 m

Charophytes

Ostracodes:

*Candona* sp.

*Pseudocandona* sp. (juv.)

Cyprididae indet.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

*Gobius* sp. (dents)

*Gobius altiformis* (otolithes)

Sondage F2: 19,9–20,1 m

Charophytes

Ostracodes:

*Pseudocandona* sp.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

*Gobius* sp. (dents)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

Mammifères:

Lagomorphe indét.

Sondage F2: 21,1–21,4 m

Charophytes

Ostracodes:

*Heterocypris* sp. (juv.)

*Potamocypris* sp.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

*Gobius* sp. (dents)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

Sondage F2: 22,1–22,5 m

Charophytes

Fruits:

*Stratiotes* sp.

*Cladocarya trebovensis*

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

*Gobius* sp. (dents)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

Amphibien indét.

Sondage F3: 2,8–3,0 m

Charophytes

Poissons indét.

Sondage F3: 5,0–5,1 m

Poissons:

Cyprinidés? (lapilli)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

Sondage F3: 16,4–16,6 m

Ostracodes:

*Cypris* sp.

Poissons:

Cyprinidés? (lapilli)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

*Channa elliptica*

Mammifères:

Gliridé indét.

*Megacricetodon similis*

Sondage F3: 19,0–21,3 m

Charophytes

Fruits:

*Stratiotes* sp.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

*Gobius* sp. (dents)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

*Channa elliptica*

Amphibien indét. (mandibule)

Reptiles:

tortue indét.

Mammifères:

*Megacricetodon similis*

Sondage F3: 22,0–23,0 m

Charophytes

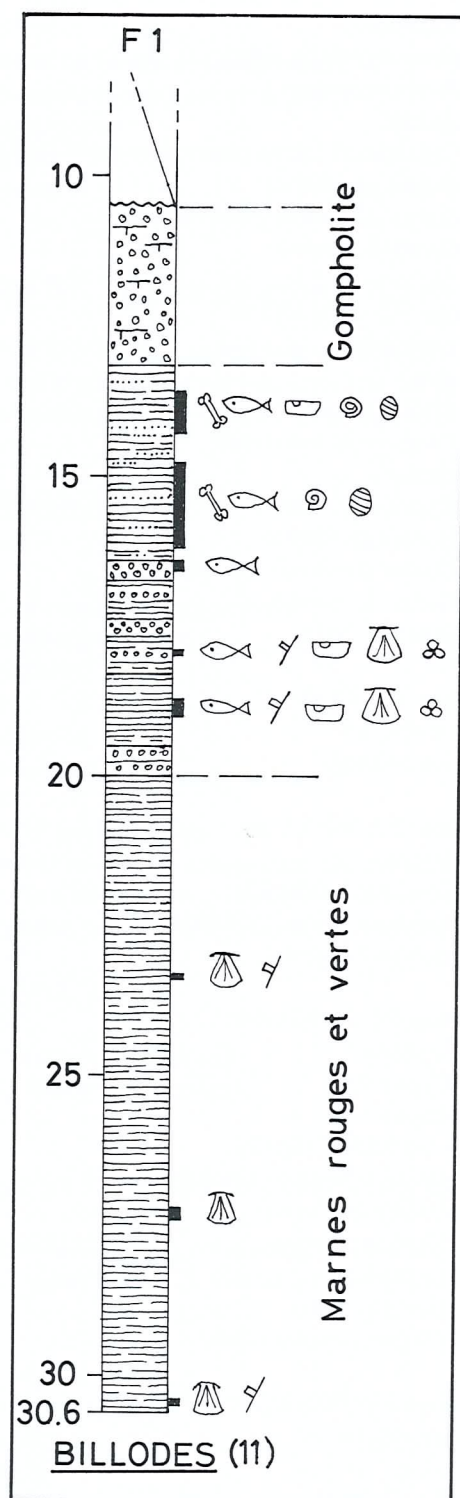


Fig. 11. Profil d'un sondage dans la Marne rouge-Gompholite aux Billodes, route de France, au sud-ouest du Loche (document B. Matthey).  
Légende: voir fig. 4.

Fruits:

*Stratiotes* sp.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

*Gobius* sp. (dents)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

*Channa elliptica*

Mammifères:

*Blackia* sp.

Soricidé indét.

Erinacéidé indét.

Gliridé indét.

### 11 – Sondage aux Billodes, route de France 1991 (fig. 11)

Ce sondage implanté en 546°820/211°700 a traversé tout d'abord un Quaternaire épais, en partie glissé (8 m de tourbe et 3 m de gravier limoneux, voir Schardt 1906; Favre 1911; Schoellammer 1997). Ensuite une gompholite tendre à matrice de craie lacustre, puis des marnes vert-olive, brunes ou noires à passées conglomératiques parfois grossières, enfin des marnes rouges-orangées flammées de vert, contenant de fréquents gravillons calcaires dispersés. Les couches sont subhorizontales.

Echantillon 13,6–14,3 m

Charophytes

Bois silicifié

Ostracodes lacustres:

*Pseudocandona* sp.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

Mammifères:

Gliridé indét.

Echantillon 14,8–16,2 m

Charophytes

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

Mammifères:

Dents de rongeurs indét.

Echantillon 16,4–16,5 m

Mollusques et poissons lacustres, tous indét.

Mollusques et autres organismes marins, tous indét.

Echantillon 17,9–18,0 m

Glauconie courante

Foraminifères benthiques:

*Elphidium* sp.

*Ammonia* sp.

*Cibicides-Hanzawaia* sp.

Ostracodes marins:

*Costa* sp.

*Cytheridea* sp.

*Cytherella* sp.

*Callistocythere* sp.



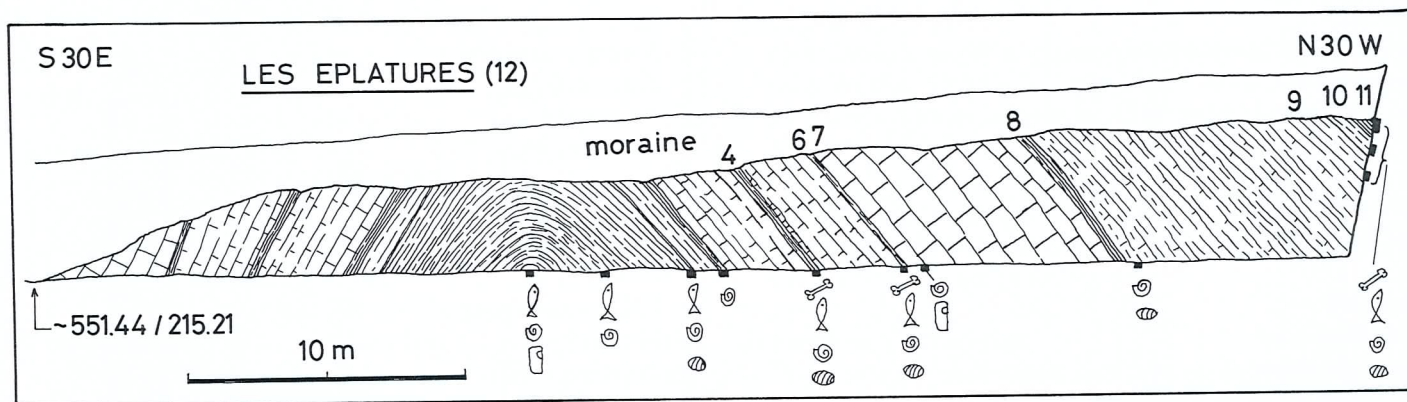


Fig. 12. Face sud-ouest d'une grande fouille dans l'«Oeningien»; immeuble commercial aux Eplatures, septembre 1989.  
Légende: voir fig. 4.

*Bosquetina* sp.

*Aurila* sp.

*Leguminocythereis* sp.

*Buntonia* sp.

*Pataviella* sp.

Bryozoaires:

*Fron dipora verrucosa*

*Hornera frondiculata*

*Tervia irregularis*

*Entalophoroecia* sp.

*Reteporella* (= *Sertella*) *cellulosa*

Mollusques marins fragm. et indé.

Poissons:

Petites dents de raie

Holothuries:

Sclérites indé.

Echantillon 18,7–19,0 m

Même faune que l'échantillon précédent avec, en plus, les

formes suivantes:

Foraminifères:

Miliolidés indé.

Bryozoaires:

*Hornera* sp.

*Polyascosoecia* (= *Reteporidaea*) *coronopus*

*Smittina cervicornis*

*Smittoidea reticulata*

Ostracodes:

*Echinocythereis* sp.

*Hemicyprideis* sp.

Crabes indé.

Echinides indé.

Echantillon 23,3–23,4 m

Huitres indé.

Bryozoaires indé.

Microfossiles hauteriviens remaniés

Echantillon 27,2–27,4 m

Mollusques marins indé.

Microfossiles hauteriviens remaniés

Echantillon 30,4–30,5 m

Huitres indé.

Bryozoaires indé.

Microfossiles hauteriviens remaniés

## 5.2. Secteur de La Chaux-de-Fonds

La figure 3 situe les localités étudiées, qui portent les mêmes numéros que dans le texte. Voir aussi les cartes géologiques de Rollier & Favre (1910) et de Bourquin et al. (1968).

### 12 – Fouille pour immeuble aux Eplatures 1989 (fig. 12)

Cette vaste excavation a permis d'échantillonner, sous 1–3 m de moraine, des couches appartenant peut-être à l'«Oeningien» moyen. Coordonnées des deux extrémités de l'affleurement: 551°440/215°210 au sud-est et 551°400/215°240 au nord-ouest.

Les quatre échantillons inférieurs n'ont livré que des fragments indéterminables de poissons, des ostracodes lacustres indé. et des charophytes.

Niveau 4

Charophytes

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes et lapilli)

*Gobius altiformis* (otolithes)

*Gobius latiformis*

*Channa elliptica*

Mammifères:

Artiodactyle indé.

Niveau 6

Charophytes

Ostracodes lacustres:

*Mediocypris* cf. *candonaeformis*

*Moenocypris* ? sp.

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

Mammifères:

Gliridé indé.

#### Niveau 7

Ostracodes lacustres:  
*Paralimnocythere* ? sp.  
*Darwinula* sp. (juv.)  
Cyprididae indét. (juv.)

#### Niveau 8

Charophytes

#### Niveau 9

Charophytes  
Mammifères:  
Rongeur indét. (incisives)

#### Niveau 10

Charophytes  
Poissons indét.  
Mammifères:  
Rongeur indét. (incisives)

#### Niveau 11

Charophytes  
Fruits:  
*Cladocarya* sp.  
*Stratiotes* sp.  
Reptile ou oiseau:  
Fragments de coquille d'œuf  
Poissons:  
Cyprinidés? (dents pharyngiennes)  
Mammifères:  
Rongeur indét. (incisives)

### 13 – Sondages IGESA aux Eplatures 1982

Exécutés dans l'ancien dépôt de carburants sis au sud-est de la voie de chemin de fer, ces sondages n'ont pas été relevés en détail, mais une douzaine d'échantillons y furent prélevés et nous ont été transmis par B. Kübler. Le pendage des couches n'est pas connu.

Les sondages situés dans le secteur sud-est du dépôt (SN5 = 552'140/215'300, SN6 = 552'230/215'380) ont une dizaine de mètres de longueur; ils sont restés dans la Gompholite avec une matrice abondante de marnes silteuses beiges, jaunes ou rouges qui ont livré des fragments de mollusques d'eau douce et d'os de rongeurs, de rares characées, des ostracodes lisses indéterminables, ainsi que *Microcodium elegans* en abondance (Favre 1937b); ces marnes contiennent en outre de nombreux microfossiles remaniés du Crétacé et du Jurassique, ainsi que des superbes quartz bipyramidés à inclusions sulfatées, eux aussi remaniés du Jurassique sup. (Kosztolanyi et al. 1987).

Les sondages situés dans le secteur nord-ouest du dépôt (SN8 = 552'110/215'340, SN9 = 552'180/215'420), profonds de 6 m, ont traversé des marnes silteuses et glauconieuses tendres, grises et vertes, ainsi que des grès argileux verts, attribuables au «Burdigalien».

Les cinq échantillons examinés contiennent tous une très riche faune marine bien conservée:

Bryozoaires:  
*Cellaria fistulosa*

*Cellaria* sp.  
*Smittina cervicornis*  
*Reteporella* sp.  
*Hornera* sp.  
*Cerriopora* sp.

Foraminifères benthiques indét.

Ostracodes:

*Pokornyella* ? sp.  
*Pataviella* sp.  
? *Inkongruellina* sp.

Echinides indét.

Spongiaires indét.

Lamellibranches indét.

Poissons indét.

Les positions relatives de la Gompholite et du «Burdigalien» confirment l'existence et la position du chevauchement dessiné sur la carte géologique (Bourquin et al. 1968). Il en est de même deux kilomètres plus loin en direction du sud-ouest, en face de la gare du Crêt-du-Loche (coord. moy. 550'750/214'200), où une vaste et profonde fouille a révélé en été 1999 le prolongement du chevauchement qui affecte ici les couches en position renversée.

### 14 et 15 – Sondages à la rue du Midi-passage sous-voie 1989 (fig. 13)

Ces deux sondages sont implantés de part et d'autre des voies du chemin de fer, au nord (sondage 14 = 552'660/216'720) et au sud (sondage 15 = 552'660/216'670). Les pendages observés sont variables (voir plus loin) et les couches semblent toutes en position normale. Ces sondages traversent en partie les écaillés redressées qui compliquent le flanc sud-est du synclinal de La Chaux-de-Fonds, lequel est chevauchant dans les secteurs de la gare et du Tertre du Temple. De Nicolet (1839) à Bourquin (1946), plusieurs auteurs ont décrit ces «dislocations singulières» et autres «gisements anormaux» que les sondages de 1989 permettent de préciser sur la transversale de la rue du Midi (Turberg 1989).

#### Sondage 14

Sous 1,6 m de remblais, le sondage a traversé des marnes rouges et grises à gravillons calcaires jusqu'à 5,7 m (pendage de 10–15°).

Echantillon 3,4–3,6 m

Ostracodes indét.

Poissons:

Petite dent de squal  
Mollusques fragm.

Echantillon 5,2–5,25 m

Foraminifères benthiques:

*Ammonia* sp.  
*Elphidium* sp.

Sous les marnes rouges et grises, le sondage a rencontré, de 5,7–11,0 m, des grès fins glauconieux verts, très fracturés.

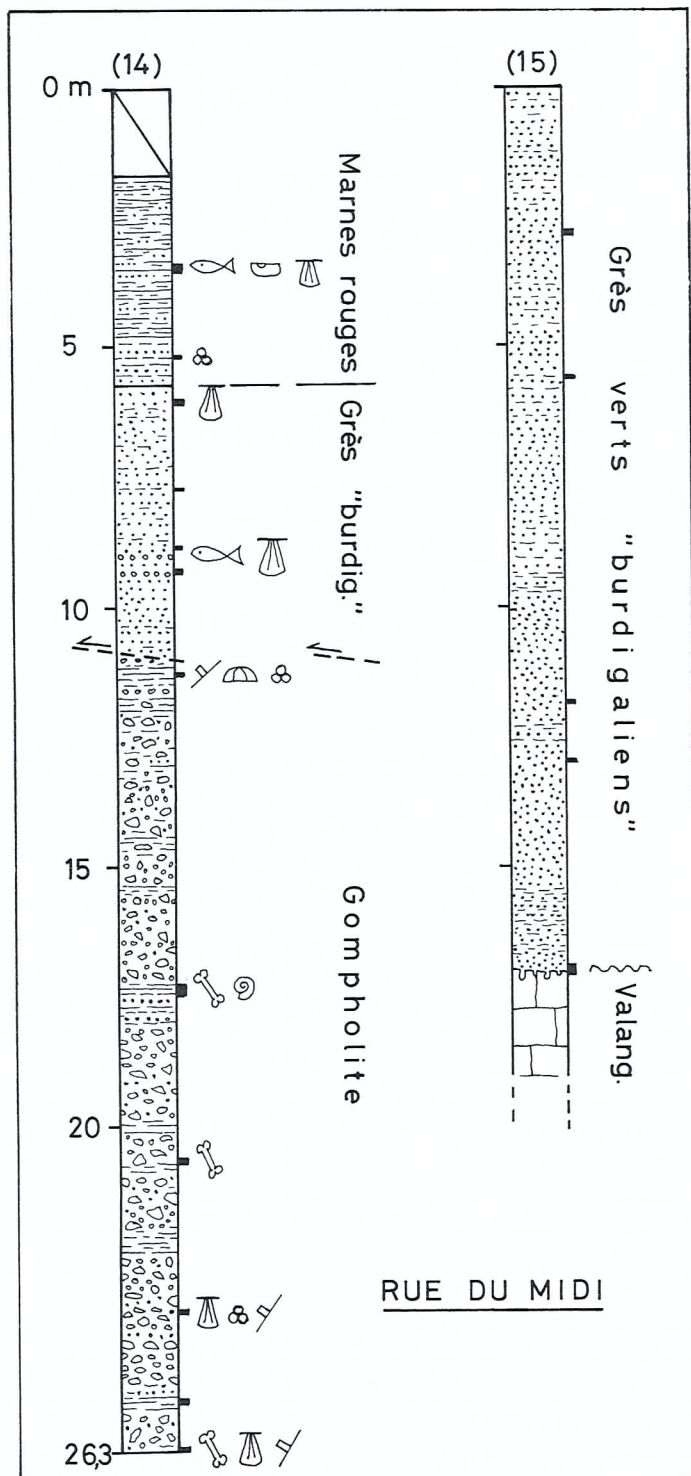


Fig. 13. Profils de deux sondages dans la Molasse marine et la Gompholite, en ville de La Chaux-de-Fonds (rue du Midi, passage sous-voie; d'après Turberg 1989).

Légende: voir fig. 4.

Echantillon 6,0–6,15 m  
Lumachelle à gros bivalves.

Echantillons 8,8–8,9 et 9,25–9,4 m  
Niveaux microconglomératiques à dents de squales et huîtres.

Echantillon 11,0 m

Faïlle inclinée de 50° et marnes grises broyées. Viennent ensuite, de 11,0–26,3 m, une gompholite à matrice marneuse ou marno-calcaire abondante, très fracturée, pendage de 50–60°.

Echantillon 11,2–11,3 m

Bryozoaires (*Cellaria* sp.), piquants d'oursins et rares foraminifères (*Ammonia* sp.).

Echantillon 17,35–17,5 m

Fragments de mollusques lacustres et de dents de lagomorphes indéts.

Echantillon 21,5–21,65 m

Fragments de dents de rongeurs indéts.

Echantillon 23,5–23,6 m

Rares foraminifères (*Ammonia* sp. et *Elphidium* sp.) et bryozoaires indéts.

Echantillon 26,3 m

Rares bryozoaires (*Hornera* sp. très usé); fragments de dents de rongeurs indéts.

### Sondage 15

Echantillon 0–17,1 m

Grès glauconieux fins et niveaux silteux gris-verts subordonnés, pendage env. 30°. Pas de fossiles.

Echantillon 17,1 m

Surface durcie avec bioperforations remplies de sable vert; ce contact a déjà été observé à diverses reprises: voir notamment Favre (1911) et Bourquin (1939).

Echantillon 17,1–25,0 m

Calcaire beige du Valangien, à fractures ouvertes remplies d'argile verte.

### 16 – Sondages à l'usine Cridor 1989 (fig. 14)

Ces trois sondages sont très rapprochés, dans le périmètre du Centre régional d'incinération des ordures. Les couches plongent régulièrement de 20–30°; il s'agit d'argiles rubannées grises, vertes ou noires, souvent riches en rosettes de gypse et/ou en pyrite. Nicolet (1839:16–17) avait déjà décrit une série identique entre l'«Oeningien» et les Grès verts «burdigaliens» et l'avait dénommée «Marne supérieure à la Molasse». Favre (1911:404, 463) considère qu'il s'agit là d'un faciès latéral de la Marne rouge, comme le montrent deux sondages qu'il décrit (1911:463) et qui ont rencontré des marnes argileuses grises ou bleues sous le calcaire d'eau douce «oeningien».

### Sondage 1 (554'186/217'572)

Echantillons 14,0–14,2, 15,3–15,35 et 17,6–18,0 m

Fragments indéts. de dents de rongeurs et de mollusques terrestres; bryozoaires.

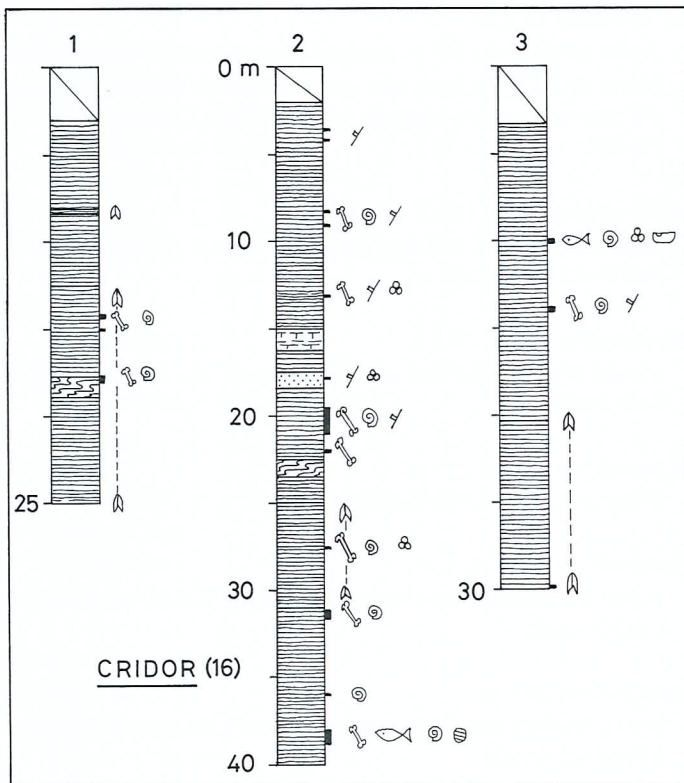


Fig. 14. Profils de trois sondages dans la Molasse saumâtre, en ville de La Chaux-de-Fonds (usine Cridor; documents P. Turberg).

Légende: voir fig. 4.

### Sondage 2 (554'130/217'570)

Echantillon 4,2–4,25 m  
Bryozoaires indét.

Echantillon 8,2–8,3 m  
Fragments d'os indét.

Echantillon 8,9–9,1 m  
Bryozoaires (remaniés ou déplacés?):  
*Sertella* sp.  
*Hornera* sp.  
Mammifères:  
Rongeur indét.  
Insectivore indét.  
*Galerix* sp.  
Lagomorphe indét.

Echantillon 13,1–13,2 m  
Foraminifères (non remaniés?):  
*Elphidium* sp.  
*Nonion* sp.  
*Cibicides* sp.  
Mammifères:  
*Spermophilinus bredai*

Echantillon 17,7–17,8 m (biocalcarénite très fossilifère)  
Bryozoaires:  
*Cellaria* sp.  
*Hornera* sp.

*Myriapora truncata*  
*Smittina cervicornis*  
*Sertella* sp.  
*Celleporidae*  
Foraminifères:  
*Elphidium* sp.  
*Nonion* sp.  
*Cibicides* sp.  
Mollusques bivalves marins indét.  
Poissons indét. (dents en pavé)  
Mammifères:  
Gliridé indét.

Echantillon 19,5–22,0 m  
Bryozoaires indét.  
Gastéropodes terrestres fragmentaires et indét.  
Reptiles:  
*Ophisaurus* sp.  
Mammifères:  
Gliridé indét.  
*Megacricetodon* sp. de petite taille (*M. minor* ou *M. similis*)  
Lagomorphes indét.

Echantillon 27,5–27,6 m  
Foraminifères:  
*Ammonia* sp.  
*Protelphidium* sp.  
Mammifères:  
Rongeur indét.

Echantillon 31,0–31,5 m  
Mammifère:  
*Cricetodon* sp. (ou *Deperetomys* sp. ?)

Echantillon 38,0–38,8 m  
Charophytes  
Poissons indét.  
Mammifères:  
*Miodyromys aegercii*  
*Megacricetodon* sp. de petite taille (*M. minor* ou *M. similis*)

### Sondage 3 (554'145/217'614)

Echantillon 9,85–10,05 m  
Charophyte  
Foraminifères benthiques indét.  
Ostracodes marins:  
*Aurila* cf. *cicatricosa*  
Echinides indét.

Echantillon 13,7–14,1 m  
Charophytes  
Bryozoaires:  
*Fron dipora verrucosa*  
Mammifères:  
Lagomorphe indét.

### 5.3. Synclinal des Brenets: Villers-le-Lac (Doubs, France)

La figure 1 situe cette localité.

#### 17 – Sud-est de Villers-le-Lac 1994 (fig. 15)

La nouvelle route de contournement de la localité a dégagé en rive droite du Doubs, à l'ouest des Bassots, un profil complet dans la Molasse encore mal connue du synclinal des Brenets (voir Favre & Bourquin 1937:8). Les cartes géologiques (Fallot et al. 1968; Kiraly in Burger & Schaer 1996, ann. 2) ne figurent pas de Tertiaire dans ce secteur. Pourtant Schardt (1903:428) avait déjà signalé, au-dessus des Bassots, «un épais dépôt de marnes rouges» qu'il avait attribué avec quelques doutes à l'Aquitarien. Rollier (1910:9) estimait au contraire qu'il s'agit ici de la Marne rouge «vindobonienne», identique à celle du synclinal du Locle et de La Chaux-de-Fonds. Les travaux de 1994 ont permis d'établir le profil synthétique de la figure 15, relevé dans les talus nord et sud de la nouvelle route en tranchée. Les couches plongent de 30–40° vers le sud-est, en position normale. La base du profil se situe environ en 542°320/212°260 et le sommet en 542°520/212°200 (coordonnées de la CN de la Suisse).

#### Niveau 1

La Pierre Jaune hauterivienne, très glauconieuse, fossilifère et profondément ravinée, est recouverte en discordance par:

#### Niveau 2 – 0,5–3 m

Ce conglomérat très hétérométrique à galets calcaires arrondis provenant surtout du Malm et blocs subanguleux (jusqu'à 40 cm) d'Hauterivien. Les éléments ne sont pas perforés. La matrice est abondante, argilo-sableuse, grise-beige. Epaisseur: 0,5–3 m.

#### Niveaux 3–5

Passage très rapide, mais graduel, à une dizaine de mètres de marnes argileuses grises, noires ou jaunes, riches en grains calcaires ou quartzeux, avec quelques lits de sable quartzifère fin gris-blanc. Le niveau 4, épais de 10 cm, contient d'abondants fragments de mollusques terrestres (hélicidés) et d'eau douce (planorbes, limnées). Un échantillon prélevé trois mètres plus haut dans le même niveau 4 a livré des microfossiles crétacés remaniés, ainsi que des fragments indéterm. de dents de lagomorphes. Au sommet de cet intervalle de teinte sombre, un autre prélèvement révèle:

Microfossiles marins remaniés du Crétacé

Charophytes

Poissons:

Cyprinidés? (dents pharyngiennes)

Reptiles:

Tortue indéterm.

*Ophisaurus* sp.

Mammifères:

? *Galerix* sp.

*Megacricetodon* aff. *bavaricus*

*Prolagus oeningensis*

*Lagopsis* sp.

Artiodactyle indéterm.

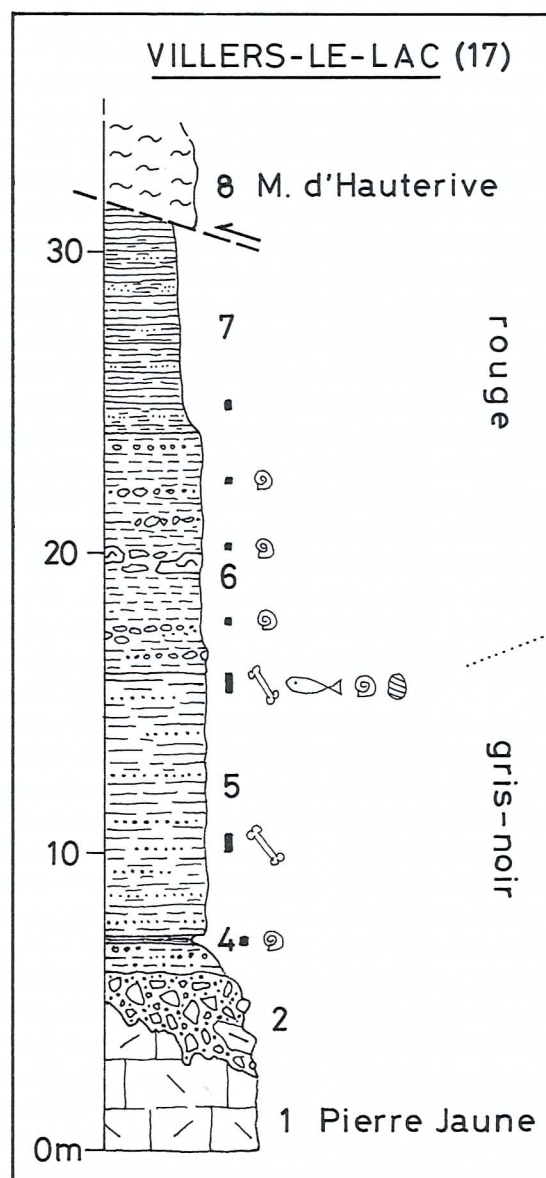


Fig. 15. Profil synthétique de la Marne rouge, relevé en mai 1994 dans les talus de la nouvelle route de contournement de Villers-le-Lac (Doubs, France).

Légende: voir fig. 4.

#### Niveau 6

Passage graduel à environ 8 m de marnes argilo-silteuses rouges ou roses flammées de jaune, farcies de petits galets un peu arrondis de Malm et de Crétacé, avec parfois des blocs décimétriques de Marnes d'Hauterive grises, plus ou moins dissociées dans la Marne rouge; ce faciès rappelle celui de la Gompholite. Les marnes rouges contiennent des moules internes d'hélicidés, ainsi que d'innombrables macro- et microfossiles hauteriviens remaniés.

#### Niveau 7

Marnes argileuses rouges, nettement moins chargées en grains et galets; mêmes fossiles.

#### Niveau 8

Plan de chevauchement, puis Marnes d'Hauterive en position vraisemblablement renversée.

## 5.4. Synclinal des Ponts-de-Martel

Voir la figure 1 qui situe cette localité. Les deux profils examinés se trouvent au flanc nord-ouest du synclinal, au sud et au sud-ouest du village des Ponts. L'un de nous (Weidmann 1986) avait signalé dans le même secteur (fondations de la STEP des Ponts, coord. 545°925/205°000), des marnes grises à ostracodes lacustres qui avaient été attribuées à la Molasse d'eau douce inférieure (USM): c'était là une erreur due à une interprétation fautive de données paléontologiques trop sommaires. Ces marnes doivent dorénavant être rangées dans le Quaternaire. Depuis, d'importants travaux de fondation et une nouvelle étude des affleurements nous permettent de confirmer, à la suite des anciens auteurs, que l'USM n'existe pas dans cette région et de préciser l'âge et les modalités du passage entre la Molasse marine supérieure (OMM) et la Molasse d'eau douce supérieure (OSM), déjà signalée dans ce synclinal par Jaccard (1870:23) puis par Favre & Bourquin (1937:4).

### 18 – Centre sportif régional 1988 (fig. 16)

Cette construction (coord. moy. 546°030/205°230) a nécessité une vaste fouille au pied du versant, le long de la rue de la Prairie, dans des couches meubles subverticales ou un peu renversées. Le profil relevé peut être résumé ainsi, de bas en haut stratigraphiquement.

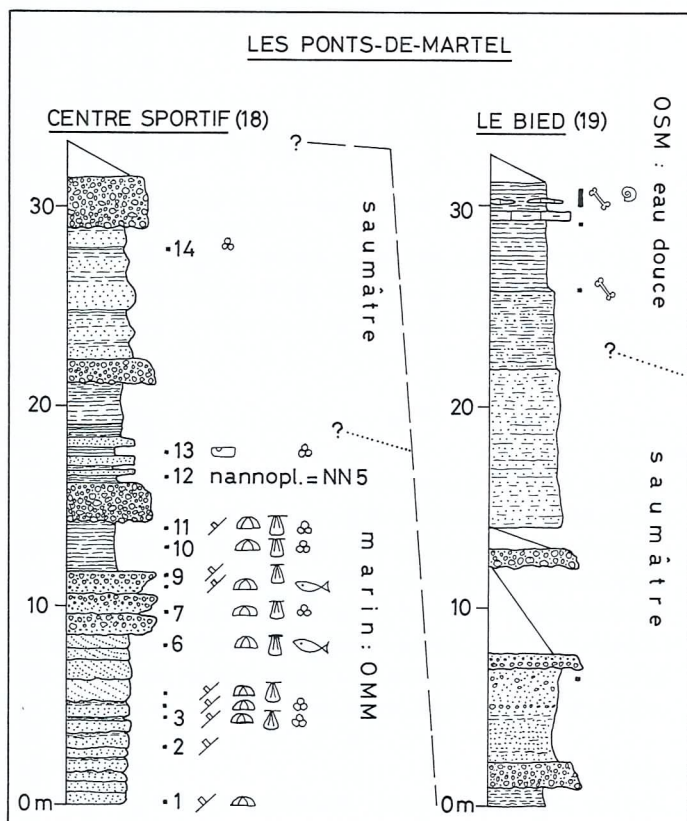


Fig. 16. Deux profils illustrant le passage de l'OMM à l'OSM, aux Ponts-de-Martel: fouilles du nouveau Centre sportif (juin 1988) et petit ravin affluent en rive gauche du Bied. Légende: voir fig. 4

### Echantillon 5

- 8,5 m de grès glauconieux verts avec interlits silteux, stratification parallèle ou entrecroisée; faune marine parfois riche et assez bien conservée (échantillon 5): *Cardium*, huîtres, bryozoaires, échinides, etc.
- 3 m de grès grossiers et de conglomérats polygéniques parfois pétris d'huîtres fragmentées.
- Env. 20 m d'alternance de conglomérats surtout calcaires, à matrice limoneuse meuble, épais de 1–3 m, de silts argileux gris ou gris-bleus, de grès fins marneux tendres, gris-beiges ou jaunes.

### Echantillons 7 et 12

Ils contiennent une riche nannoflore déterminée par C. Müller:

- Coccolithus pelagicus*
- Cyclicargolithus floridanus*
- C. abisectus*
- Reticulofenestra pseudoumbilica*
- Helicosphaera carteri*
- Sphenolithus heteromorphus*

### Age:

La fréquence de *Sphenolithus heteromorphus* (qui apparaît dès NN4), l'absence de *Helicosphaera ampliaperta* (dont la disparition marque la fin de NN4) et la présence de *Reticulofenestra pseudoumbilica* (qui apparaît au cours de NN5) permettent d'attribuer sans ambiguïté cet assemblage à la zone NN5.

Les bryozoaires sont relativement courants, mais assez mal conservés et roulés; les formes suivantes ont toutefois pu être identifiées par S. Pouyet:

- Frondocosa verrucosa*
- Cellaria fistulosa*
- Celleporina costazi*
- Pleuronea rhodanica* ou *pertusa*
- Hornera* sp.
- Sertella* sp.

Ces espèces sont toutes connues dans le Burdigalien supérieur rhodanien et paratéthysien.

Jusqu'à l'échantillon 13 y compris, la faune est franchement marine. Plus haut, les fossiles sont très rares: seul l'échantillon 14 a livré quelques foraminifères benthiques, ce qui indique probablement des conditions de vie plus difficiles, saumâtres.

### 19 – Profil en rive gauche du Bied 1991 (fig. 16)

Ce profil a été relevé dans un petit ravin latéral, affluent du Bied, au-dessous d'une grange sise au bord du chemin (env. 545°740/204°820, voir la photo B de la page 49 in: Burger & Schaer 1996). En 1991, un glissement de terrain au flanc droit du ravin avait temporairement bien dégagé les couches de la moitié supérieure du profil, lesquelles sont renversées; celles de la partie inférieure sont subverticales et affleurent au flanc gauche du ravin, un peu plus en aval. S'il n'y a pas de complication tectonique majeure le long du flanc nord-ouest du synclinal des Ponts, on peut supposer que la base du profil du Centre sportif (18).

### Descriptions

- Le profil débute par 1 m de silt micacé gris à débris de plantes indét., suivi d'une douzaine de mètres (y compris des lacunes d'observation) de grès fins micacés, de sables argileux gris ou verdâtres et de conglomérats à matrice sableuse verte, dont les éléments, tous calcaires, ne sont pas perforés. Cet intervalle n'a pas livré de fossiles.
- Passage à 3,8 m de marnes silteuses à lits gréseux, beiges ou jaunes à taches brunes avec, au sommet, quelques fragments d'incisives de micromammifères.
- 3,6 m de marnes grises ou rougeâtres à «knauer» gréseux.
- 0,4 m de calcaire argileux vert clair, d'aspect un peu noduleux.
- >1 m de marnes argileuses tendres, vertes sombres, puis marnes silteuses brunes, à nodules Calcaires abondants: Mollusques d'eau douce indét.  
Reptiles:  
Coquilles d'œuf  
*Ophisaurus* sp.  
Mammifères:  
*Galerix* sp.  
Talpidé gen. et sp. indét.  
*Megacricetodon* aff. *bavaricus*  
*Democricetodon mutilus*  
*Eumyarion* sp. (de petite taille, éventuellement *E. wein-furteri*)  
*Miodromys hamadryaslaegercii* (de petite taille)  
*Microdyromys koenigswaldi*  
*Spermophilinus* cf. *bredai* (de petite taille)  
*Prolagus* sp.  
*Lagopsis penai* (de petite taille)

## 5.5. Horizons à smectite

Comme on l'a mentionné plus haut, Favre (1911), Hofmann (1958) et Kübler (1962) ont décrit les horizons à smectite (anciennement nommée montmorillonite) verte, brune, orangée ou blanche qui sont interstratifiés dans l'«Oeningien» du Locle. Nous les avons souvent rencontrés dans les divers profils et sondages étudiés et nous les avons systématiquement échantillonnés, dans le but d'y déceler éventuellement des mi-

néraux permettant d'une part de les assimiler à une bentonite d'origine volcanique et d'autre part de tenter une datation isotopique. Parmi les minéraux isolés dans les horizons des localités 6 – Combe du Stand et 1 – Combe Girard, Hofmann (1958), Kübler (1962) puis Harr (1976:58) avaient en effet relevé la présence du zircon, de l'apatite et de la sanidine. Mais nos essais de lavage et tri, portant sur plusieurs kg d'argile par échantillon, sont restés infructueux car les grains de sanidine sont de trop petite taille pour permettre une datation. Les examens des autres horizons à smectite (2 – Combe des Enfers, 3 – Pied-du-Crêt, 4 – Haut-du-Crêt, 8 – Sondage S7) ont été réalisés dans les Instituts de Minéralogie des Universités de Berne (T. Peters) et de Lausanne (J. Hunziker), ainsi qu'au Musée de Géologie de Lausanne (N. Meisser). Ils n'ont pas non plus révélé la présence des minéraux recherchés, mais seulement de petits quartz bipyramidés à inclusions; ces derniers étant vraisemblablement remaniés du Portlandien et du Purbeckien. Quant à la smectite, comme nous le suggère B. Kübler (in lit.), elle devrait presque toujours provenir des altérites contemporaines du dépôt de l'«Oeningien» ou/et du remaniement des Marnes rouges sous-jacentes dans lesquelles la smectite est très abondante.

En conclusion, il s'avère que, dans l'«Oeningien» du Locle, les seules vraies bentonites, dont l'origine volcanique a été prouvée, sont pour l'instant les horizons de la Combe du Stand et de la Combe Girard, tous deux situés à la base de la série. Hofmann (1958) et Hofmann et al. (1975) avaient estimé que toutes les bentonites de l'OSM de Suisse orientale, de même que celles du Locle, devaient être plus ou moins synchrones et issues d'un même centre éruptif. Grâce à des travaux plus récents, notamment dans le canton de Zurich, les bentonites sont désormais parfaitement horizontées et corrélées avec des localités à mammifères (Bolliger 1992; Kempf & Matter 1999). Les datations isotopiques de trois de ces bentonites donnent des âges de 15,27, 14,91 et 14,20 millions d'années, en parfait accord avec les relations stratigraphiques (Gubler et al. 1992). Les bentonites ne sont donc pas synchrones, puisque les éruptions se sont succédées pendant plus d'un million d'années, et probablement davantage si les bentonites du Locle proviennent bien de la même source, car elles sont associées à des localités à mammifères d'âge probablement MN6 jeune (= env. 13,8–14,0 millions d'années), comme on le verra plus loin.

## 6. Commentaires sur les divers groupes de fossiles rencontrés dans l'OSM: paléoécologie et milieux de sédimentation

### Charophytes

Les gyrogonites sont fréquentes et, dans certains échantillons, très abondantes (tabl. 2 et pl. 2). Il s'agit cependant toujours des mêmes formes, en proportions variables:

*Nitellopsis (Tectochara) groupe meriani*

*N. (T.) ginsburgi*

*Lychnothamnus* sp.

*Chara* groupe *notata*

*Chara* sp.

C'est pourquoi le détail de chaque prélèvement n'a pas été donné dans le texte, mais est présenté dans le tableau 2. Ces espèces ne permettent qu'une attribution stratigraphique peu précise, à savoir les zones à *ginsburgi* ou à *etrusca* qui caractérisent le Miocène (Berger 1992, 1999; Riveline et al. 1996). Elles sont typiques des plans d'eau douce et peu profonde.

### Végétaux supérieurs

Jaccard (1859) et Heer (1855–1859; 1861; 1865) furent les premiers à tenter une reconstitution du paysage lacustre «oeningien», de son environnement végétal et de son climat, grâce notamment à l'étude des nombreuses feuilles bien conservées, provenant surtout du fameux gisement de la gare du Locle, découvert et exploité en 1856. Des révisions plus récentes (Berger 1957; Hantke 1980a) ont confirmé que le climat, comparable à celui des Canaries actuelles, était relativement chaud et plutôt sec, à saisons alternées mais probablement sans gel hivernal. Au point de vue biostratigraphique, Zöbelein (1983) estime que les flores dites «oeningiennes» se sont maintenues depuis le sommet de MN6 jusqu'à MN8 y compris.

### Mollusques

Dans presque tous les échantillons «oeningiens» examinés, les mollusques, entiers ou fragmentaires, sont innombrables, mais nous ne les avons pas étudiés: on se reportera aux conclusions de la révision due à Favre (1937a:34–38) qui, d'un point de vue biostratigraphique, range cette faune dans le «Tortonien» et le «Sarmatien». Exception faite des hélicidés terrestres, les espèces sont toutes lacustres, certaines pouvant semble-t-il préférer des eaux claires et d'autres des eaux plutôt fangeuses ou tourbeuses. Une forme (*Hydrobia sulculata*) serait, d'après Zöbelein (1983), l'indice d'un milieu parfois légèrement saumâtre, ce que confirmerait la présence de fruits de *Ruppia* sp. (Hantke 1980b).

### Foraminifères

Ils n'ont jamais été trouvés dans l'«Oeningien», mais seulement dans les formations sous-jacentes des Marnes rouges et de la Gompholite. Il s'agit de formes benthiques miocènes de milieux peu profonds, appartenant aux Rotaliaceae (*Elphidium*, *Ammonia*, *Cribrononion*, etc.), parfois accompagnées de Buliminaceae et de Miliolae. Les foraminifères planctoniques ne sont représentés que par de très rares petites globigérines.

### Bryozoaires

Toutes les formes déterminées par S. Pouyet sont d'âge miocène et se rencontrent dans les domaines marins francs aussi bien paratéthysien que téthysien. Rappelons que nous les avons isolées dans les Marnes rouges et dans les autres faciès argileux ou gompholitiques qui leur sont associés.

### Ostracodes

Les taxons déterminés dans l'«Oeningien» par Carbonnel et al. (1985), puis par P. Schäfer (in lit.), sont des formes d'eau douce, l'une d'elles (*Darwinula flandrini*, abondante dans l'éch. 590/10, La Combe Girard, coord. 548°880/212°130) étant très probablement cavernicole, ce qui illustre l'importance des phénomènes karstiques déjà à cette époque. D'un point de vue biostratigraphique, les ostracodes du Locle ne diffèrent guère des formes lacustres «tortoniennes» connues ailleurs en Europe occidentale. Quant aux formes isolées dans les Marnes rouges et dans la Gompholite, elles indiquent des milieux de dépôt très variables, tantôt lacustres et tantôt marins francs.

### Poissons

Des poissons entiers et bien conservés avaient été signalés par Jaccard (1859) dans les couches à feuilles de la gare du Locle: ils ont été révisés récemment par J. Gaudant (travail en cours). Les otolithes sont courants dans l'«Oeningien»; ils ont été déterminés par B. Reichenbacher et se rattachent à des formes d'eau douce, chaude et peu profonde. Selon Reichenbacher (1988; 1993), les espèces sont identiques à ou proches de celles qui sont connues dans l'OSM de Tramelan, du Napf (von Sallis 1967), de la région zurichoise ou des environs de Ulm en Bade-Wurtemberg. Cette ichtyofaune n'est donc pas endémique dans le bassin du Locle et de La Chaux-de-Fonds, ce qui suggère des connexions avec ces autres bassins lacustres. Quant aux lapilli et aux dents pharyngiennes, ils appartiennent aussi à des poissons d'eau douce et chaude (cyprinidés, notamment le genre *Palaeoleuciscus* sp., dét. J. Gaudant).



## Amphibiens

Après von Meyer (1846) qui avait identifié une vertèbre de grenouille, nous avons parfois isolé dans nos lavages des fragments d'os et de mandibules appartenant à des petits amphibiens, qui furent déterminés par Z. Rocek: *Latonia* sp. et *Chelotriton* sp.

## Reptiles

Ils sont représentés le plus souvent par des ostéodermes d'*Ophisaurus* sp. et par des débris de coquilles d'œuf, plus rarement par des fragments d'os et de carapaces de tortues, déjà signalées par von Meyer en 1846. Ces derniers fossiles étaient particulièrement fréquents à la gare du Locle, dans le niveau baptisé «couche à Tortues» (Jaccard 1856–1858; Pictet & Humbert 1856): on y a distingué des formes terrestres (*Testudo*) et palustres (*Emys*). Des vertèbres de serpent ont été isolées dans les couches A 5, B 27 et C 13 au Verger/Sous-le-Stand. Nous avons trouvé quelques petites dents qui pourraient provenir de crocodiles; ceux-ci avaient déjà été mentionnés par Jaccard (1888:55) dans le gisement des Combes, à l'extrémité sud-ouest du synclinal, où furent trouvées «deux jolies dents» et des plaques dermiques. Si elle se confirme, la présence de crocodile dans l'«Oeningien» du Locle est inhabituelle: en effet, comme le relèvent Schleich (1985) et Bolliger (1994) à propos de la Suisse orientale et de la Bavière, on ne trouve normalement plus de crocodiles dans l'OSM postérieure à MN6, probablement parce que les variations saisonnières de la température étaient devenues trop prononcées.

## Oiseaux

Si les oiseaux n'ont jamais été documentés dans notre région par leurs os ou leurs plumes, comme ce fut le cas dans les craies d'Oeningen, on peut tout de même leur attribuer des fragments de coquilles d'œuf, ainsi que les pelotes de réjection de rapaces trouvées par Kälin (1993) dans la couche C 13 au Verger/Sous-le-Stand.

## Mammifères

Des listes fauniques énumérant les «grands» mammifères ont été proposées successivement par Nicolet (1839), Jaccard (*passim*), Favre (1911). Mais beaucoup des pièces qu'ils citent ont disparu, comme le déplore Stehlin (1937), qui a soigneusement révisé ce qui subsistait de cette faune dans les collections. Il en donne une liste critique, à laquelle on pourra ajouter *Steneofiber minutus* et *Micromeryx flourensianus* que nous avons trouvés dans l'«Oeningien» supérieur du Verger/Sous-le-Stand. Cette faune comprend donc les groupes suivants: carnivores, suidés, bovidés, cervidés, rhinocerotidés, dinothères et masto-

dontes. La plupart de ces «grands» mammifères, trouvés dans diverses localités, tant dans les environs du Locle qu'à La Chaux-de-Fonds, proviennent du complexe 1B de Favre (1937a), c'est-à-dire vers la limite entre «Oeningien» inférieur et «Oeningien» moyen selon Kübler (1962, 1:28). Stehlin (1937) rattache cette faune à celles de La Grive-St-Alban ou de Steinheim, c'est-à-dire à «un terme élevé de la série vindobonienne» (= plus ou moins MN7–8). Sans qu'il motive clairement son choix, c'est cette même date que retient Van der Made (1996; 1998) à la suite de sa révision des restes du *Listriodon splendens* trouvé à La Chaux-de-Fonds par Nicolet (1844). Quant à la cheville osseuse du Crêt-du-Locele, *Gazella* cf. *deperdita* Gervais = *Caprotragoides potwaricus* (Pilgrim 1939), elle indique, toujours d'après Stehlin (1937), que l'«Oeningien» supérieur se rattache «à un niveau très élevé dans le complexe miocène pré-pontien».

Comme on l'a détaillé plus haut, nos récoltes de micromammifères ont permis de recenser en tout une trentaine de formes sur toute l'épaisseur de la série «oeningienne», dans la région du Locle principalement (tabl. 1). Rappelons que Kälin (1993) a présenté une étude paléontologique détaillée de toutes ces formes, c'est pourquoi nous nous contenterons de ne figurer ici que les dents stratigraphiquement les plus importantes (pl. 1).

On ne constate pas de différence significative entre les faunules de la base de l'«Oeningien», par exemple 1 – Combe Girard, et celles du sommet, par exemple 5 – Le Verger/Sous-le-Stand ou 4 – Haut-du-Crêt. La plupart des localités montrent un assemblage peu diversifié avec le même spectre des espèces, où dominant *Prolagus oeningensis*, *Miodyromys aegercii* et *Megacricetodon minor*. D'autres groupes sont nettement sous-représentés (*Eumyarion*, *Democricetodon*, Sciuridés) ou manquent totalement (par exemple les Eomyidés).

D'un point de vue paléoécologique, *Prolagus* est toujours très abondant dans les faunes de l'OSM, en Suisse comme en Bavière, et sa présence n'a pas de grande signification. *Miodyromys* et *Megacricetodon* au contraire sont des représentants typiques des domaines où la sédimentation est peu active (limnique, palustre), alors que *Eumyarion* et, dans une moindre mesure, *Democricetodon* sont beaucoup plus abondants dans le domaine paléogéographique des éventails détritiques d'origine alpine («Schüttungen» fluviales).

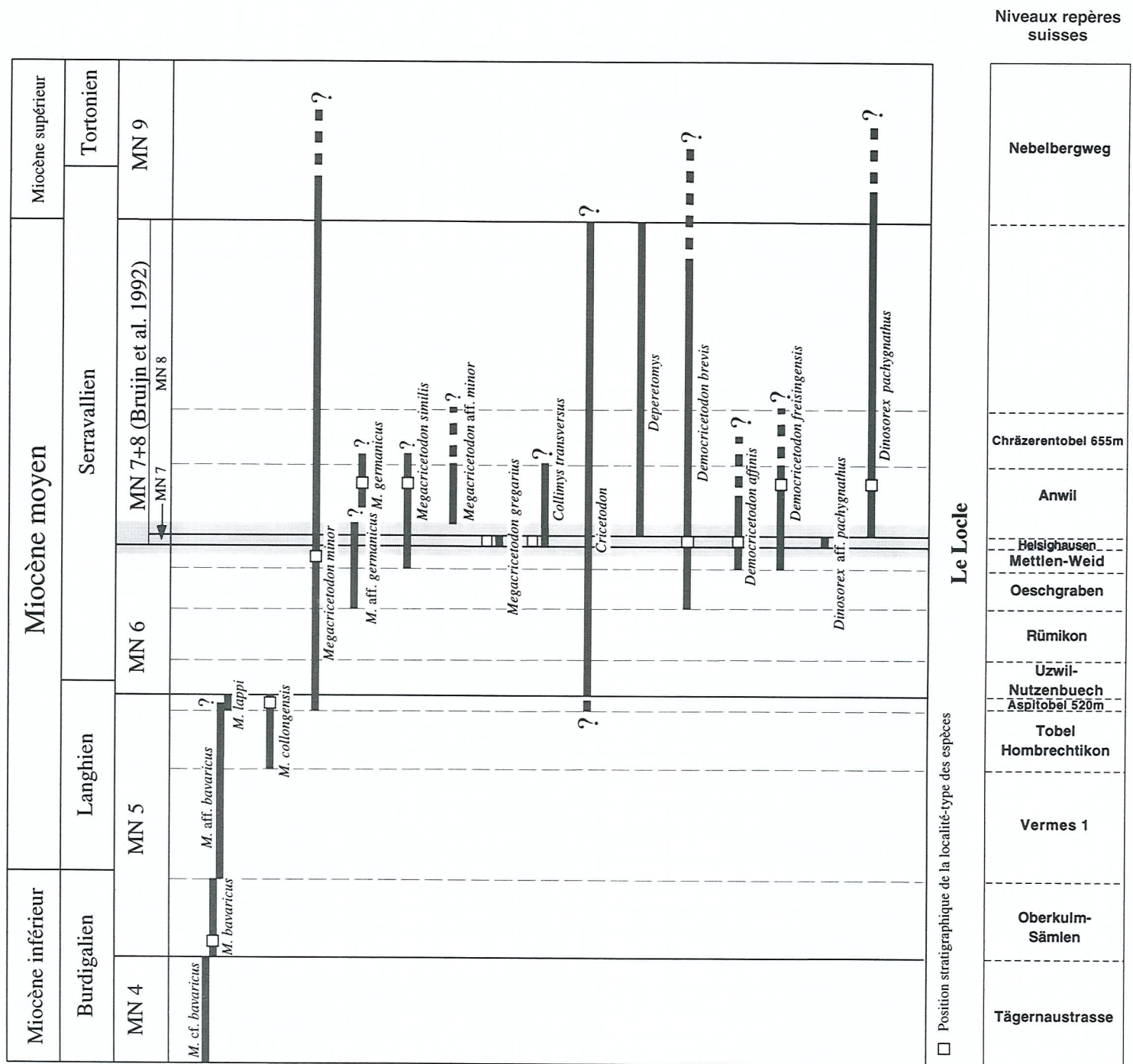
Le riche niveau fossilifère C 13 de la localité 5b a permis à Kälin (1993:147–154), grâce notamment à la découverte de deux pelotes de réjection, d'en préciser les conditions de dépôt, ainsi que les caractéristiques paléoécologiques et taphonomiques: le dépôt s'est fait dans un étang ou un marais de dimensions modestes, en voie d'atterrissement, dans un secteur proche de la rive et sous une tranche d'eau faible et bien oxygénée. L'apport de matériaux organiques ou minéraux était très limité et n'intervenait que lors de rares crues dues à des fortes précipitations. Peu après le dépôt de la couche fossilifère, la nappe d'eau libre a disparu et le site du marais fut colonisé par une végétation arbustive, dont les racines ont laissé des traces à travers la couche fossilifère. Le même type de dépôt s'est renouvelé à d'innombrables reprises au cours de l'«Oeningien» supérieur, chaque séquence de dépôt se terminant le plus souvent par une couche de marne ligniteuse ou de lignite.

Taxa	Localités																				
	1 - Combe Girard 10	1 - Combe Girard 39	1 - Combe Girard 40	1 - Combe Girard 41	4 - Haut du Crêt	5a - Sous le Stand 6	5a - Sous le Stand 11	5b - Sous le Stand A-7	5b - Sous le Stand A-11	5b - Sous le Stand B-3	5b - Sous le Stand B-5	5b - Sous le Stand B-27	5b - Sous le Stand C-13	6 - Combe du Stand		8 - Terr. Sport S7: 6.0-7.2m	9 - Tours Dixi S13: 19.0-19.7m	10 - Usine Klaus F1: 19.1-19.6m	10 - Usine Klaus F3: 16.4-16.6m	10 - Usine Klaus F3: 19.0-21.3m	10 - Usine Klaus F3: 22.0-23.0m
<i>Galerix</i> sp.		3				3						7									13
<i>Galerix</i> aff. <i>socialis</i>							4						35								39
<i>Plesiodimylus chantrei</i>							2														2
<i>Dinosorex</i> cf. <i>pachygnathus</i>							7						3								12
Soricidé gen. et sp. indé.	2	3			1							7					2				13
<i>Proscapanus</i> sp.													1								1
<i>Talpa minuta</i>													1								1
<i>Desmanella</i> aff. <i>stehlini</i>													8								8
Talpidé gen. et sp. indé.												2	3								5
<i>Blackia</i> sp.																					1
<i>Heteroxerus</i> sp.	1																				1
Cricétidé indé. (grande taille)	3																				3
<i>Eumyarion</i> sp.						1															1
<i>Eumyarion</i> cf. <i>latior</i>					1																1
<i>Megacricetodon</i> sp.			1								1					2					5
<i>Megacricetodon minor</i>	15				5	5	2	2				6	29				1				64
<i>Megacricetodon similis</i>				1 ?		3						5					1		1	1	12
<i>Megacricetodon gregarius</i>						1															1
<i>Megacricetodon germanicus</i>		25							1												26
<i>Democricetodon</i> cf. <i>freisingensis</i>						2															2
<i>Democricetodon</i> sp. 1 (petit)	1 ?											2	1								4
<i>Democricetodon</i> sp. 2 (grand)							1						1								2
<i>Collimys transversus</i>							1														1
<i>Cricetodon</i> sp.	1	1																			2
<i>Anomalomys gaudryi</i>								1					4								5
<i>Glirudinus</i> sp.								1													1
<i>Microdyromys miocaenicus</i>							1														1
<i>Miodyromys aegercii</i>	11	7			3	4				1		14	140			1					181
<i>Myoglis meini</i>						1															1
? <i>Paraglrirulus</i> sp.						1															1
<i>Prolagus oeningensis</i>	4	12			4	10	13	3	2			1	125								174
<i>Steneofiber minutus</i>							1														1
<i>Micromeryx flourensianus</i>													1								1
<i>Caprotragoides potwaricus</i>					1																1
	38	51	1	1	15	32	33	5	3	1	1	37	359	2	2	2	1	1	1	1	587

Tabl. 1. Liste des micromammifères provenant des localités de la région du Locle. Les petits chiffres dans chaque casier indiquent le nombre de dents déterminées.

CHAROPHYTES OSM LE LOCLE LA CHAUX - DE - FONDS		Nitellopsis ( <i>Tectochara</i> ) sp.	N. ( <i>T.</i> ) meriani groupe	N. ( <i>T.</i> ) ginsburgi	Lychnothamnus sp.	Chara notata groupe	Chara sp. 1	Chara sp.	Characées indét.
		1. Combe Girard	Niv. 8						
	Niv. 10		■	■	■				
	Niv. 41								■
	L20 - L 100		■		■	■		■	
2. Combe des Enfers niv. 24					■				
3. Pied du Crêt							■		
4. Haut du Crêt niv. 4						■		■	
5. Sous le Stand	Niv. 35					■		■	
	Niv. 33								■
	Niv. 27								■
	Niv. 11				■			■	
	Niv. 5-6								■
7. Rue Huguenin						■		■	
8. Terrain de sport S7	6.0 - 7.2 m	■			■				
	9.6 - 10.3 m								■
9. Tours Dixi S13	0.9 - 1.3 m	■			■	■		■	
	9.8 - 11.7 m		■			■		■	
	16.2 - 16.6 m		■			■		■	
10. Usine Klaus F1	10.8 - 10.9 m		■		■	■			
	15.2 - 15.4 m								■
	18.2 - 18.4 m		■	■	■	■			
	19.1 - 19.6 m		■	?	■				
10. Usine Klaus F2	6.3 - 6.6 m.	■			■			■	
	19.8 - 20.0 m		■	■	■	■			
	21.1 - 21.4 m		■						
	22.1 - 23.5 m				■	■			
10. Usine Klaus F3	2.8 - 3.0 m.								■
	5.0 - 5.1 m					■		■	
	19.0 - 21.3 m		■	?	■				
	22.0 - 23.0 m		■	■	■	■		■	
11. Billodes, rte de France SN1	13.6 - 14.3 m		■		■	■		■	
	14.8 - 16.2 m								■
12. Fouille Eplatures 1989	Niv. 1								■
	Niv. 4				■				
	Niv. 6				■				
	Niv. 9				?				
	Niv. 10		■	■	■				
	Niv. 11			■	■				
13. Eplatures IGESA 1982 SN 5	5.0 - 5.1 m								■
16. Cridor Sondage 2	38.0 - 38.8 m				■				
16. Cridor Sondage 3	9.85-10.05 m								■
	13.7 - 14.1 m	■			■				
17. Villers - le - Lac					■				

Tabl. 2. Liste des espèces de charophytes provenant des localités de la région du Locle.



Tabl. 3. Extension stratigraphique des plus importantes espèces de micromammifères trouvées dans les formations étudiées.

Planche 1. Photographies au SEM et dessin de quelques dents de micromammifères provenant de l'OSM du Locle, particulièrement importantes stratigraphiquement.

Fig. 1: *Megacricetodon gregarius* (Schaub 1925). M<sub>1</sub> dext. (inversé). LLW 10.

Le Locle-Sous-le-Stand, profil 5a/niv. 6.

Fig. 2: *Megacricetodon gregarius* (Schaub 1925). M<sub>1</sub> dext. (inversé). G.A. 7402.

La Grive M.

Fig. 3: *Democricetodon* cf. *freisingensis* Fahlbusch 1964. M<sup>1</sup> sin. LLW 11.

Le Locle-Sous-le-Stand, profil 5a/niv. 6.

Fig. 4: *Democricetodon* cf. *freisingensis* Fahlbusch 1964. M<sup>2</sup> dext. (inversé). LLW 12.

Le Locle-Sous-le-Stand, profil 5a/niv. 6.

Fig. 5: *Collimys transversus* Heissig 1995. M<sup>1</sup> sin. LLW 14.

Le Locle-Sous-le-Stand, profil 5a/niv. 11.

Fig. 6: *Anomalomys gaudryi* Gaillard 1900. M<sup>1</sup> dext. (inversé). LLW 13.

Le Locle-Sous-le-Stand, profil 5a/niv. 11.

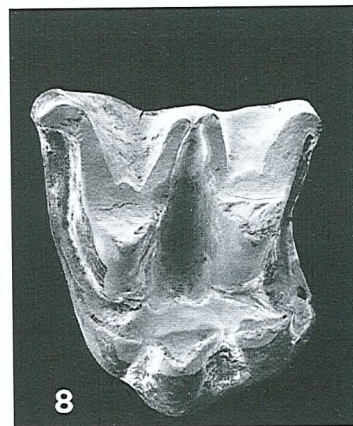
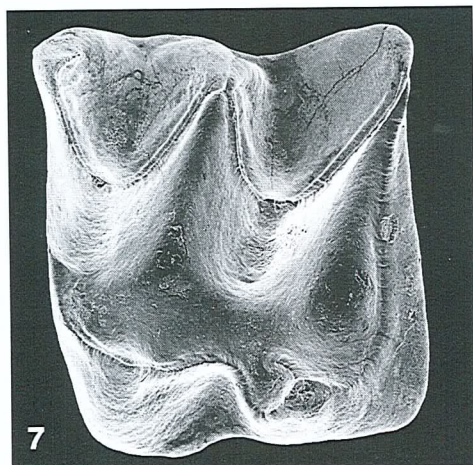
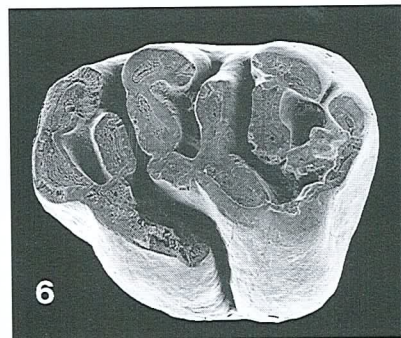
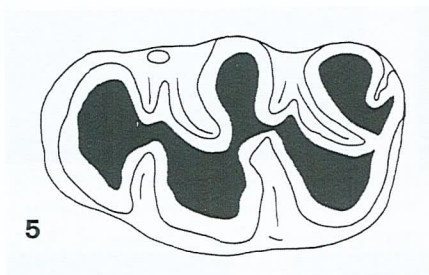
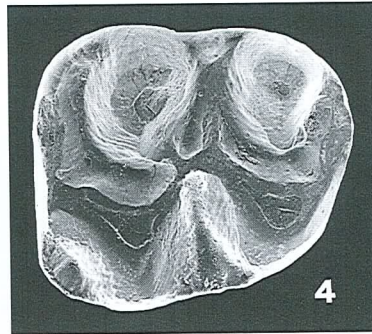
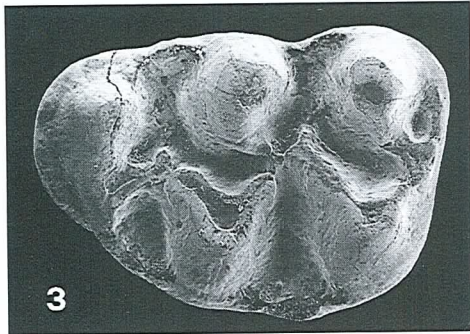
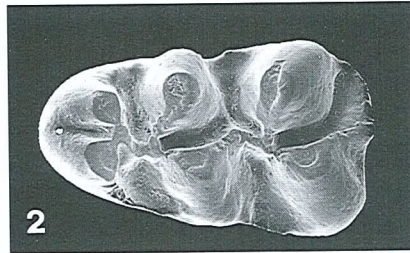
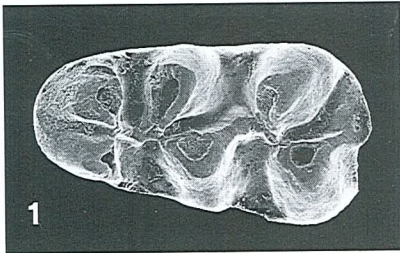
Fig. 7: *Dinosorex* cf. *pachygnathus* Engesser 1972. M<sup>1</sup> sin. LLW 1.

Le Locle-Sous-le-Stand, profil 5a/niv. 11.

Fig. 8: *Desmanella* aff. *stehlini* Engesser 1972. M<sup>2</sup> dext. (inversé). PIMUZ A/V 1840.

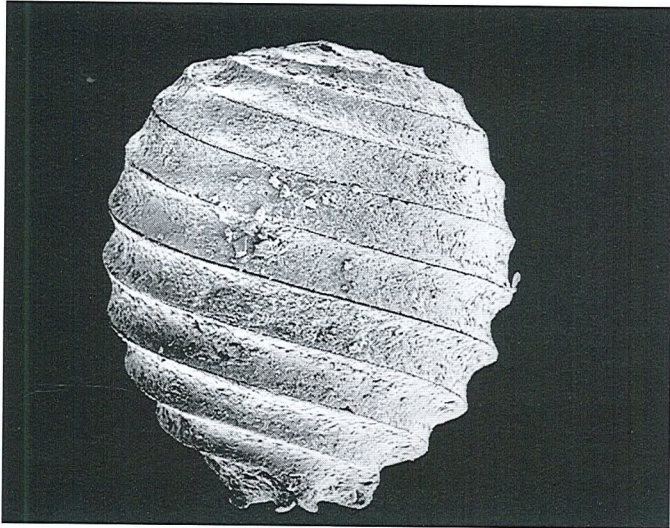
Le Locle-Sous-le-Stand, profil 5b/niv. C 13.

Toutes les figures x25.



1mm

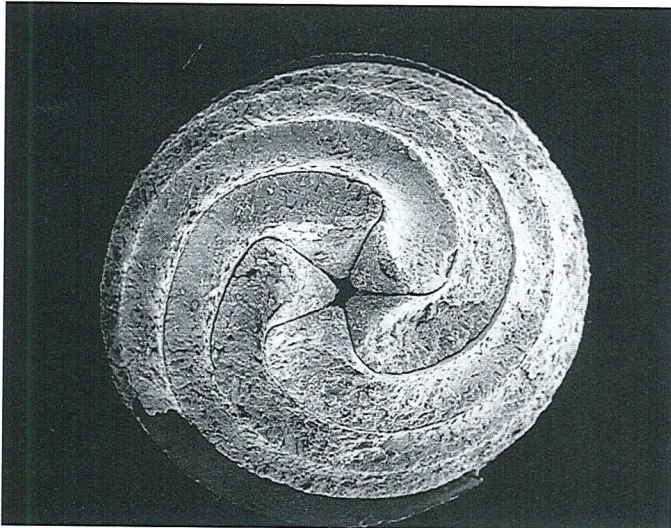




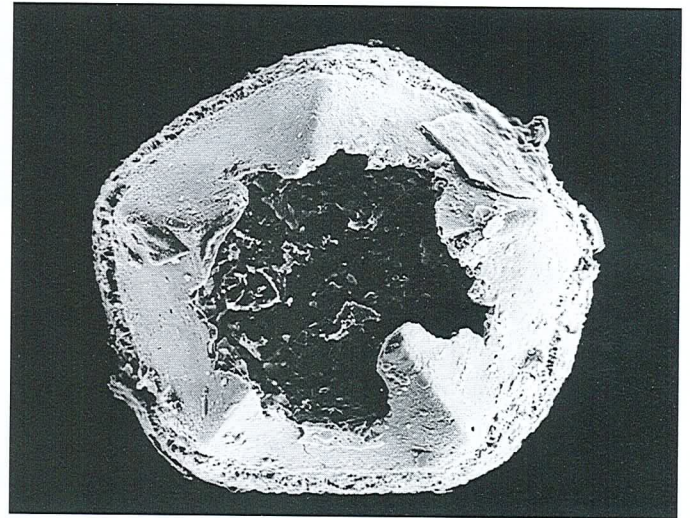
1



2



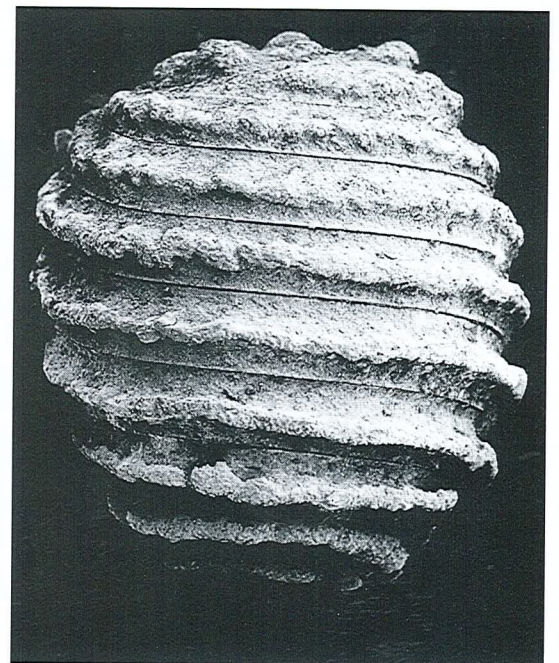
3



4



5



6

## 7. Résultats biostratigraphiques

### 7.1. L'âge de l'«Oeningien» dans le synclinal Le Locle–La Chaux-de-Fonds

Beaucoup de nos localités fossilifères ne permettent pas une datation très précise, car le matériel de micromammifères qui y fut récolté n'est ni abondant, ni très varié; toutefois les espèces déterminées indiquent toujours un âge qui va de MN6 jeune à MN7 et MN8 (voir tabl. 3). En considérant les choses de façon plus détaillée, on notera que les quatre riches niveaux fossilifères de la localité 5 – Le Verger/Sous-le-Stand, appartiennent à l'«Oeningien» supérieur (profil 5a/niv. 6 et 11, profil 5b/niv. B 27 et C 13; fig. 7–8). Ces niveaux sont proches les uns des autres dans un intervalle de moins de 30 m d'épaisseur; ils ne montrent pas entre eux de différence faunique significative, si bien que l'on peut les rassembler en une seule et même faune. On dispose pour lui attribuer un âge d'un élément tout à fait déterminant: *Megacricetodon gregarius*, une espèce connue jusqu'ici seulement dans MN7 en France, à Steinheim en Allemagne et à Helsinghausen dans l'OSM de Suisse orientale (Bolliger 1994). Une autre forme qui n'était connue jusqu'à maintenant qu'à Steinheim, dans l'ancienne localité de référence de MN7, est *Collimys transversus* (Heissig 1995). Un autre fait tout à fait caractéristique de MN7 réside dans la présence simultanée de quatre différentes espèces de *Megacricetodon*: *M. minor*, *M. similis*, *M. aff. germanicus* et *M. gregarius*. Enfin, on constate l'absence d'éléments fauniques qui pourraient indiquer un âge plus jeune, comme par exemple *Deperetomys hagni* ou *Keramidomys mohleri*.

Pour toutes ces raisons, il faut considérer que l'âge de la faune du Verger/Sous-le-Stand est MN7.

Par contre, les faunes isolées à la base de l'«Oeningien» (Combe Girard) pourraient encore appartenir à un niveau jeune de MN6. Si on se base sur la présence de *Megacricetodon aff. germanicus* à Combe Girard 39, ce gisement est à coup sûr plus jeune que celui de Rümikon, une localité de l'OSM de Suisse orientale qui se situe à environ 10 m au-dessus de la bentonite d'Attikon. Si cette dernière correspond bien à la bentonite de Leimbach, on peut alors estimer que l'âge de Combe Girard 39 est plus jeune que 14,15–14,22 millions d'années (Gubler et al. 1992). Comme on l'a vu plus haut, l'attribution d'âge concernant Combe Girard 39 repose sur des premières apparitions d'espèces et correspond donc à un âge maximal.

En regard de la faune du Verger/Sous-le-Stand, celles de Combe Girard n'offrent aucune différence dans le degré d'évolution ou dans les morphologies, si bien qu'il est hautement vraisemblable que toutes les faunes de l'«Oeningien» du Locle sont incluses dans le court intervalle de temps situé entre 13,5 et 14,0 millions d'années correspondant (tabl. 3 et fig. 17):

— à la fin de MN6 (plus jeune que Rümikon, soit 13,7–14,0 millions d'années),

— à MN7 (tabl. 3), soit entre 13,6 et 13,7 millions d'années,

— et peut-être au début de MN8 (13,5 millions d'années).

Rappelons qu'une telle attribution d'âge avait déjà été proposée pour l'«Oeningien» du Locle par Hantke (1980b). Par ailleurs, notre datation du sommet de la série «oeningienne» est en parfait accord avec celle que proposait Stehlin (1937) après son étude de la «gazelle du Crêt-du-Locle».

On peut donc en déduire que le dépôt de l'OSM du Locle (environ 200 m de sédiments actuellement peu compactés) s'est probablement fait en moins de 500 000 ans. Nos données rejoignent ainsi l'estimation de Kübler (1962), selon qui le bassin lacustre «oeningien» n'a vraisemblablement pas existé pendant plus de 600 000–700 000 ans.

### 7.2. Faciès et âge de la Marne rouge et de la Gompholite (fig. 17)

Dans le synclinal du Locle–La Chaux-de-Fonds, Favre (1911) datait la Molasse marine supérieure («Grès verts burdigaliens» *auctorum*) du Burdigalien supérieur d'après la faune de mollusques et d'oursins. Au-dessus, le complexe Marne rouge–Gompholite est transgressif et discordant, car la Molasse marine a localement été érodée «... très peu après son dépôt, grâce aux mouvements orogéniques qui se sont fait sentir lors de la formation de la Marne rouge et de la Gompholite» (Favre 1911:402). On a longtemps discuté sur les âges, milieux de dépôt et relations réciproques de ces deux dernières formations (voir Favre & Bourquin 1937; Aubert 1975:32). On estime désormais qu'elles sont contemporaines et passent latéralement l'une à l'autre (Burger & Schaer 1996, fig. 2.4). La Marne rouge est parfois gypsifère et on y avait trouvé des fossiles aussi bien terrestres (moules internes de «*Helix larteti*», très rares mammifères) que marins (foraminifères déjà signalés par Aubert en 1975 et dauphin décrit par Pilleri en 1986). La Gompholite, quant à elle, n'avait livré que *Microcodium elegans*, qui était considéré par Favre (1937b) comme une algue marine, mais dont l'origine terrestre subaérienne est dorénavant reconnue et associée à des processus de biocorrosion des roches calcaires (Bignot 1994). L'âge de ces deux formations n'avait jamais pu être déterminé avec précision, leur attribution à l'«Helvétien» résultant notamment de l'âge des formations encadrantes, et aussi de comparaisons avec la Molasse du Plateau.

Les sondages que nous avons étudiés au Locle comme à La Chaux-de-Fonds (11 – Billodes, 14 – Rue du Midi et 16 – Cridor) montrent que la Marne rouge, parfois verte, grise ou noire, contient des faunes et flores témoignant de milieux de dépôt variés et changeants. Bien entendu, nous ne considérons

Planche 2. Photographies au SEM des espèces de charophytes isolées dans l'OSM du Locle–La Chaux-de-Fonds.

Fig. 1: *Lychnothamnus* sp., vue latérale. ×65.

Fig. 2: *Lychnothamnus* sp., vue apicale. ×80.

Fig. 3: *Lychnothamnus* sp., vue basale. ×80.

Fig. 4: *Lychnothamnus* sp., plaque basale vue de dessous. ×500.

Fig. 5: Résidu de lavage avec charophytes et gastéropodes. ×12.

Fig. 6: *Nitellopsis (Tectochara) ginisburgi* Riveline, vue latérale. ×80.

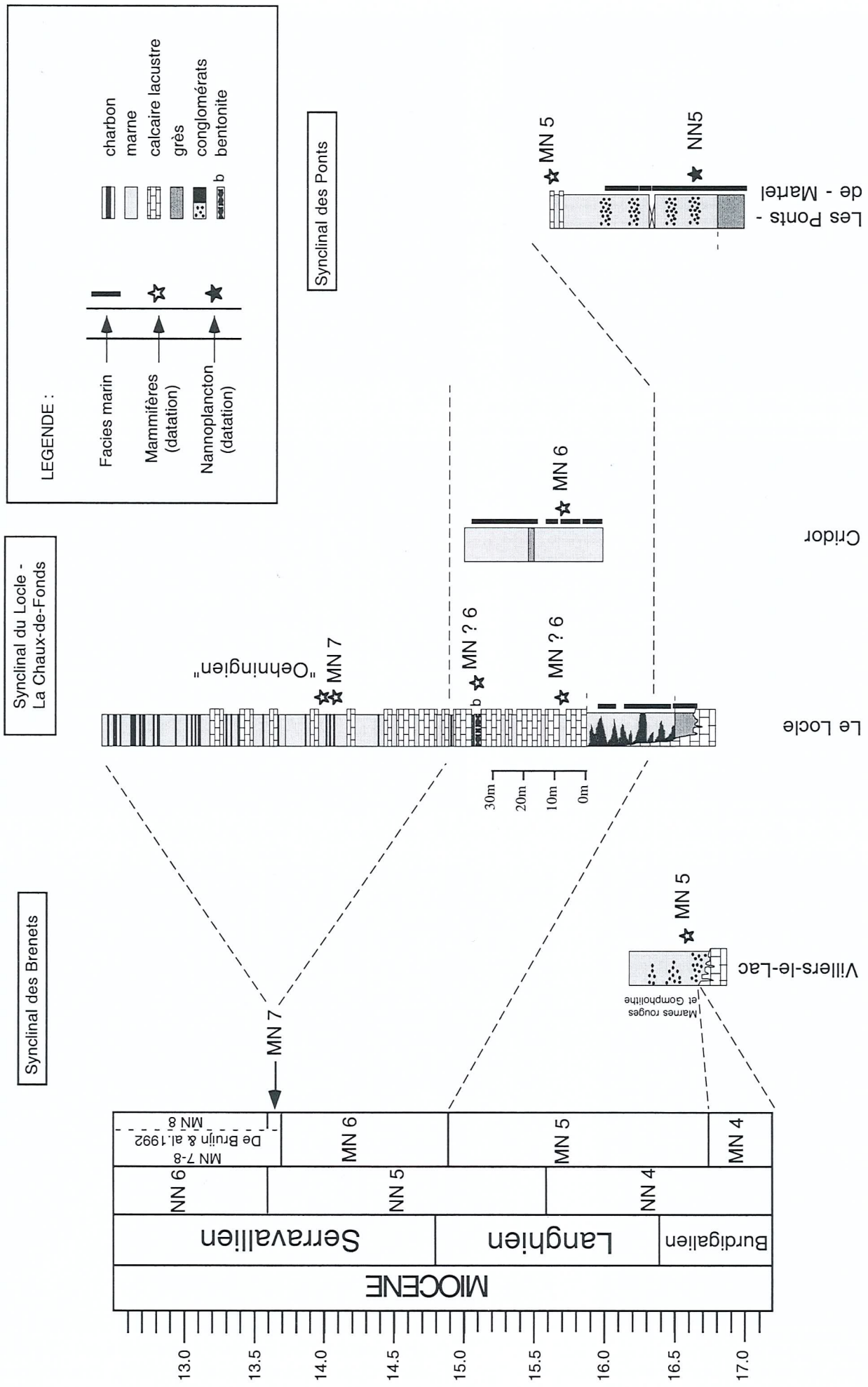


Fig. 17. Schéma en partie hypothétique résumant les âges et faciès des formations étudiées.



ici que les fossiles d'âge tertiaire, qui se distinguent fort bien des fréquentes formes mésozoïques remaniées. Ces fossiles tertiaires sont donc terrestres, saumâtres ou marins et peuvent, soit coexister dans un même niveau, soit se répartir dans des niveaux écologiquement bien différenciés, mais que rien ne distingue par la lithologie ou les structures sédimentaires. Dans le profil loclois (11 – Billodes), on relève toutefois une nette évolution allant du marin franc vers le terrestre au cours du temps, ce qui ne semble pas se vérifier à La Chaux-de-Fonds (14 – Rue du Midi et 16 – Cridor).

Les mêmes considérations s'appliquent aussi à la Gompholite: voir par exemple le sondage 14–rue du Midi qui montre également une alternance de fossiles marins, saumâtres et terrestres, sans que l'on puisse bien déterminer s'il y a autochtonie, simple déplacement ou même remaniement des fossiles.

Les organismes marins ou saumâtres (dents de poissons, mollusques, échinides, bryozoaires, ostracodes et foraminifères benthiques) n'indiquent pas un âge très précis. Par contre, les espèces de micromammifères déterminées dans le sondage 16 – Cridor 2 autorisent une discussion de l'âge. En effet, le niveau 31,0–31,5 m a livré une dent attribuée soit à *Cricetodon* sp., soit à *Deperetomys* sp. Il est hautement improbable qu'il s'agisse de *Deperetomys*, qui date de MN8, car il est difficile d'imaginer que le faciès des Marnes rouges perdure à La Chaux-de-Fonds jusqu'à MN8, alors qu'au Locle ce même faciès a été remplacé par l'«Oeningien» déjà avant MN7! Cette dent sera donc attribuée à *Cricetodon*, un genre qui apparaît dans la Molasse suisse (gisements de Rümikon, Schwamendingen et Sagentobel) un peu plus tard que dans la Molasse bavoise, c'est-à-dire dès le début de MN6. Un âge MN6 est également compatible avec les dimensions de la  $M^{1/2}$  de *Miodyromys aegercii* isolée dans le niveau 38,0–38,8 m du même sondage.

Si donc l'âge de la Marne rouge est très vraisemblablement MN6 dans les sondages 16 – Cridor à La Chaux-de-Fonds, qu'en est-il ailleurs?

Dans le synclinal des Verrières, Rangheard et al. (1985; 1990) et Pharisat & Rangheard (1986) ont déterminé une nannoflore datant de NN4 (= Burdigalien supérieur) au sommet de la Molasse marine supérieure (OMM), laquelle est ensuite recouverte «en transgression et discordance» par des silts argileux ou sableux jaunes, puis rouges à passées verdâtres, contenant des hélicidés qui dateraient également du Burdigalien supérieur; il en est de même dans la coupe du Bief des Lavaux (synclinal des Alliés, près de Pontarlier). A notre avis, cette datation demande toutefois confirmation au moyen d'autres types de fossiles, car, soulignons-le, Favre (1937a:24) avait estimé plus prudent de ne pas déterminer spécifiquement les hélicidés si fréquents dans la Marne rouge du Locle–La Chaux-de-Fonds, laquelle montre bien des affinités avec la série des Verrières.

Dans le synclinal des Brenets, nous avons relevé (fig. 15), en transgression sur le Crétacé, près de 25 m de Marnes rouges à moules internes d'hélicidés et fréquents épisodes grossiers de type Gompholite; ces marnes ne contiennent apparemment que des fossiles terrestres ou d'eau douce pour ce qui concerne les formes non remaniées et les deux dents de *Megacricetodon* aff. *bavaricus* qui y ont été trouvées permettent une datation précise: base de MN5 (= niveau de Vermes 1 selon Kälin 1997).

Dans le synclinal des Ponts-de-Martel, les choses sont un peu différentes, car le sommet de la Molasse marine y daterait de NN5. Au-dessus, vient une série non datée de marnes, silts et sables gris ou jaunes-beiges, probablement saumâtre, et comprenant des conglomérats qui ne s'apparentent toutefois pas au type Gompholite. Enfin, le passage au faciès d'eau douce peut être daté en considérant d'une part la taille du *Megacricetodon* aff. *bavaricus* qui le place dans le niveau de Vermes 1 (= MN5) ou dans un niveau un peu plus jeune, et d'autre part les dimensions des dents de *Miodyromys hamadryaslaegercii* et de *Spermophilinus* cf. *bredai* qui indiquent aussi un âge MN5 inférieur ou moyen (= niveau de Vermes 1 ou de Tobel Hombrechtikon selon Kälin 1997).

## 8. Conclusions

La figure 17 présente l'état actuel de nos connaissances et des hypothèses que l'on peut raisonnablement proposer quant à l'âge des formations étudiées.

L'OMM n'est pas plus jeune que le Burdigalien supérieur lorsqu'elle est présente dans les synclinaux considérés ici.

Au-dessus, le complexe Marnes rouges–Gompholite serait:

- a) lacustre et d'âge MN5 basal à Villers-le-Lac,
- b) marin-saumâtre-lacustre et d'âge MN5(?) et MN6 au Locle et à La Chaux-de-Fonds,
- c) lacustre et d'âge burdigalien supérieur(= ?MN5) aux Verrières,
- d) remplacé dans le synclinal des Ponts par un faciès différent, silto-gréseux et conglomératique gris-jaune, saumâtre, à peine plus jeune que NN5 (= approximativement MN5 et MN6).

Enfin, l'«Oeningien» du Locle et de La Chaux-de-Fonds, lacustre avec d'éventuelles et très temporaires influences saumâtres, débute probablement déjà au cours de MN6 terminal, mais date essentiellement de la zone MN7 comme on l'a vu plus haut, alors que le faciès lacustre «oeningien» paraît s'installer beaucoup plus tôt (MN5 basal) dans le synclinal des Ponts, sans que l'on sache pour l'instant jusqu'à quand il s'y maintient.

Il apparaît donc que l'OSM du Haut-Jura neuchâtelois ne s'est pas sédimentée dans un unique et vaste lac, comme le supposait Aubert (1975). Au contraire (Kübler 1962), plusieurs bassins lacustres séparés ont dû exister, dans des synclinaux déjà ébauchés et à des époques parfois différentes et parfois contemporaines, comme d'ailleurs ce fut le cas dans le Jura septentrional (voir la synthèse de Kälin 1993, Abb. 117).

Les influences marines indéniables mises en évidence dans le complexe Marnes rouges–Gompholite démontrent que la région du Locle–La Chaux-de-Fonds se situait encore à la cote (0 m s.m.) jusqu'au début de la période MN6. Peu après (MN7), la même région aurait déjà été soulevée jusque vers 55–75 m s.m. (Hantke 1980b). Par contre, les secteurs voisins qui sont devenus les synclinaux des Brenets et des Ponts n'ont semble-t-il pas connu une évolution altimétrique comparable, puisque, dès le début de MN5, ils ne recèlent que des faciès lacustres.

Ainsi donc, la répartition spatiale et la chronologie des différentes formations étudiées, de même que la présence de diverses structures sédimentaires (tassements différentiels, glissements sous-lacustres, turbidites), ainsi que la mise en évidence très systématique des remaniements (microfossiles, minéraux divers et surtout argiles), tout démontre qu'une tectonique synsédimentaire active s'exerçait dans ce secteur du Jura, créant et modifiant sans cesse les reliefs et dessinant ainsi une paléogéographie très mouvante.

Dans ce qui est maintenant la Bavière et la Suisse septentrionale, la «Rivière des micas» ou «Glimmersand-Strom ou -Schüttung» drainait le bassin molassique de l'OSM vers l'ouest ou le sud-ouest. On a supposé que le prolongement de son tracé en direction de la vallée du Rhône passait soit au nord, soit au milieu, soit au sud de l'actuel Haut-Jura neuchâtelois (Hofmann 1969; Aubert 1975; Hantke 1980b; Burger & Schaer 1996, fig. 2.5). Si nos données n'apportent pas d'éléments essentiellement nouveaux pour la résolution de ce problème, on peut toutefois douter qu'un important cours d'eau ait pu s'installer, puis se maintenir dans une région aussi «dynamique» que celle que nous avons étudiée.

## 9. Bibliographie

- Aubert, D. (1975): L'évolution du relief jurassien. – *Eclogae geol. Helv.* 68(1):1–64.
- Berger, J.-P. (1992): Paléontologie de la Molasse de Suisse occidentale. – Thèse d'habilitation, Univ. Fribourg, 1–405, non publié.
- (1996): Cartes paléogéographiques-palinspastiques du bassin molassique suisse (Oligocène inférieur–Miocène moyen). – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 202:1–44.
- (1999): Redefinition of European Oligo-Miocene Charophyte Biozonations. – *Aust. J. Bot.* 47:282–296.
- Berger, W. (1957): Untersuchungen an der obermiozänen (sarmatischen) Flora von Gabbro (Monti Livornesi) in der Toskana. – *Paleont. Italica* 51:1–96.
- Bignot, G. (1994): L'énigme des *Microcodium*. – *Bull. trim. Soc. Géol. Normandie et Amis du Muséum du Havre* 81(2):25–45.
- Bolliger, T. (1992): Kleinsäugerstratigraphie in der miozänen Hörnlischüttung (Ostschweiz). – *Documenta naturae* 75:1–296.
- (1994a): Geologie und Paläontologie der Glimmersandgrube Helsinghausen (Kt. Thurgau). – *Mitt. thurg. naturf. Ges.* 52:63–79.
- (1994b): Die Obere Süsswassermolasse in Bayern und der Ostschweiz: bio- und lithostratigraphische Korrelationen. – *Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.* 34:109–144.
- Bourquin, P. (1939): Le synclinal de La Chaux-de-Fonds et la tranchée de la rue de la Promenade. – *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 64:109–110.
- (1946): Notice explicative de la feuille 114–117 Biafond-St Imier de l'Atlas géol. de la Suisse au 1:25 000. – *Comm. géol. suisse*, Bâle.
- Bourquin, P., Buxtorf, R., Frei, E., Lüthi, E., Muhlethaler, C., Ryniker, K. & Suter, H. (1968): Feuille 1144 Val de Ruz de l'Atlas géol. de la Suisse au 1:25 000. – *Comm. géol. suisse*, Bâle.
- Bruijn, H. de, Daams, R., Daxner-Hoeck, G. et al. (1992): Report of the RCMNS working group on fossil mammals, Reisenburg 1990. – *Newsl. Stratigr.* 26(2/3):65–118.
- Burger, A. & Schaer, J.-P. (1996): La vallée du Locle, oasis jurassienne: l'histoire géologique, le paysage, les eaux. – *Cahiers de l'Institut neuchâtelois, N.S.* 26:1–246.
- Carbonnel, G., Weidmann, M. & Berger, J.-P. (1985): Les ostracodes lacustres et saumâtres de la Molasse de Suisse occidentale. – *Rev. Paléobiologie Genève* 4(2):215–251.
- Engesser, B. (1990): Die Eomyidae (Rodentia, Mammalia) der Molasse der Schweiz und Savoyens. – *Schweiz. Paläont. Abh.* 112:1–144.
- Fallot, P., Perrodon, A. et al. (1968): Feuille 531 Morteau de la carte géologique de la France au 1:50 000. – *B.R.G.M.*, Orléans.
- Favre, J. (1911): Description géologique des environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds. – *Eclogae geol. Helv.* 11(4):369–476.
- (1934): Environs du Locle et des Brenets. Excursion n° 8A. – *Guide géol. de la Suisse*, fasc. V, 356–362, Bâle.
- (1937a): Révision de la faunule malacologique de l'Oeningien du Locle. – *Mém. Soc. paléont. suisse* 60:18–38.
- (1937b): Découverte de *Microcodium elegans* dans la Gompholite du Haut-Jura neuchâtelois. Etude et position systématique de cette Algue. – *Mém. Soc. paléont. suisse* 60:39–44.
- Favre, J. & Bourquin, P. (1932): Compte-rendu de l'excursion de la Société géologique suisse dans le Jura neuchâtelois et bernois. – *Eclogae geol. Helv.* 25(1):1–10.
- (1937): Nouvelles observations stratigraphiques sur la gompholite et les dépôts d'eau douce oeningiens. – *Mém. Soc. paléont. suisse* 60:1–8.
- Gubler, T., Meier, M. & Oberli, F. (1992): Bentonites as time markers for sedimentation of the Upper Freshwater Molasse: geological observations corroborated by high-resolution single-zircon U-Pb ages. – *Abstract-Vol.*, 108. Generalversamml. Schweiz. geol. Ges., Basel, 12–13.
- Hantke, R. (1980a): Die Bedeutung der als ausgestorben betrachteten Leguminosen-Gattung *Podogonium* Heer (= *Gleditsia* L.) für die Obere Süsswassermolasse und für die Vogesen-Schüttung im Delsberger Becken (Jura). – *Eclogae geol. Helv.* 73(3):1031–1043.
- (1980b): Die Obere Süsswassermolasse der Schweiz, ihr Paläorelief und ihre stratigraphische Fortsetzung in die Vogesen-Schüttung. – *Vjschr. naturf. Ges. Zürich* 125(4):365–374.
- Harr, K. (1976): Mineralogisch-petrographische Untersuchungen an Bentoniten in der Süddeutschen Molasse. – *Diss. Univ. Tübingen, Polyphoto Dr. Vogt, Stuttgart*, 1–131.
- Heer, O. (1855–1859): Die tertiäre Flora der Schweiz. – 3 vol., Wurster, Winterthur.
- (1861): Recherches sur le climat et la végétation du pays tertiaire. – Wurster, Winterthur.
- (1865): Die Urwelt der Schweiz. – Schulthess, Zürich.
- Heissig, K. (1995): Die Entwicklung der grossen Democricetodon-Arten und die Gattung *Collimys* (Cricetidae, Mamm.) im späten Mittelmiozän. – *Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.* 35:87–108.
- Hofmann, F. (1958): Das Bentonitvorkommen von Le Locle. – *Eclogae geol. Helv.* 51(1):65–71.
- (1969): Neue Befunde über die westliche Fortsetzung des beckenaxialen Glimmersand-Stromsystems in der Oberen Süsswassermolasse des schweizerischen Alpenvorlandes. – *Eclogae geol. Helv.* 62(1):279–284.
- Hofmann, F., Büchi, U., Iberg, R. & Peters, T. (1975): Vorkommen, petrographische, tonmineralogische und technologische Eigenschaften von Bentoniten im schweizerischen Molassebecken. – *Beitr. geol. Karte Schweiz, geotechn. Ser.* 14:1–51.
- Jaccard, A. (1856–1858): Note sur les restes de tortues fossiles du terrain d'eau douce du Locle. – *Bull. Soc. neuchât. Sci. nat.* 4:431.
- (1859): Etude géologique sur la faune et la flore du Locle à la fin de l'époque tertiaire. – *Impr. Courvoisier, Le Locle*, 32 p.
- (1864): Le charbon de pierre du Locle. Etude historique et géologique. – *Etrennes neuchât.*, Impr. Courvoisier, Le Locle, 78–96.

- (1869/70): Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois (avec Supplément). – Mat. carte géol. Suisse 6:1–340, 7:1–78.
- (1888): Sur les animaux vertébrés fossiles de l'étage Oeningien du Locle. – Bull. Soc. neuchât. Sci. nat. 16:52–57.
- Kälin, D. (1993): Stratigraphie und Säugetierfaunen der Oberen Süßwassermolasse der Nordwestschweiz. – Diss. ETH Zürich Nr. 10152:1–237.
- (1997): The Mammal zonation of the Upper Marine Molasse of Switzerland reconsidered – a local Biozonation of MN2–MN5. – In: Aguilar, J.-P., Legendre, S. & Michaux, J. (éds): Actes du Congrès BiochroM'97. Mémoires et Travaux de l'E.P.H.E., Institut de Montpellier 21:515–535.
- Kempf, O. & Matter, A. (1999): Magnetostratigraphy and depositional history of the Upper Freshwater Molasse (OSM) of eastern Switzerland. – *Eclogae geol. Helv.* 92(1):97–103.
- Köhler, M. (1987): Boviden des türkischen Miozäns. Känozoikum und Braunkohlen der Türkei. – *Paleontologia i Evolucio*, Sabadell 21:133–246.
- Kosztolanyi, C., Mullis, J. & Weidmann, M. (1987): Measurements of the phase transformation temperature of gypsum-anhydrite, included in quartz, by microthermometry and Raman microprobe techniques. – *Chemical Geol.* 61:19–28.
- Kübler, B. (1962): Etude de l'Oeningien (Tortonien) du Locle (Neuchâtel-Suisse). Partie I: Etude géologique. – Bull. Soc. neuchât. Sci. nat. 85:1–42; Partie II: Etude pétrographique. – *Beitr. Min. u. Petr.* 8:267–314.
- Kübler, B., Pittion, J.-L., Héroux, J., Charollais, J. & Weidmann, M. (1979): Sur le pouvoir réflecteur de la vitrinite dans quelques roches du Jura, de la Molasse et des nappes préalpines, helvétiques et penniques. – *Eclogae geol. Helv.* 72(2):347–373.
- Made, J. van der (1996): Listriodontinae (Suidae, Mammalia), their evolution, systematics and distribution in time and space. – *Contr. Tert. Quatern. Geol.* 33:3–254.
- (1998): The first described Listriodont remains. – Bull. Soc. neuchât. Sci. nat. 121:40–44.
- Meyer, H. von (1846): Mittheilungen an Prof. Bronn gerichtet. – *N. Jb. Min.*, 462–476.
- Nicolet, C. (1839): Essai sur la constitution géologique de la vallée de La Chaux-de-Fonds. – *Mém. Soc. neuchât. Sci. nat.* 2:1–26.
- (1844): Sur les ossements fossiles des marnes nymphéennes de la Chaux-de-Fonds. – Bull. Soc. neuchât. Sci. nat. 1:124–126.
- Pharisat, A. & Rangheard, Y. (1986): Analyses granulométriques de sédiments du Miocène inférieur de la Hautechaîne jurassienne. – *Ann. scient. Univ. Franche-Comté, Géol.*, 4<sup>e</sup> sér. 7:3–33.
- Pictet, F.-J. & Humbert, A. (1856): Monographie des Chéloniens de la Molasse suisse. – *Matér. Paléont. Suisse* 1:1–71.
- Pillieri, G. (1986): The Denticeti of the Western Paratethys (Upper Marine Molasse of Switzerland). – *Investigations on Cetacea, Brain Anat. Inst., Univ. Berne* 19:11–78.
- Rangheard, Y., Demarcq, G., Mongereau, N., Pharisat, A., Pouyet, S. & Truc, G. (1985): Le Miocène du Val des Verrières et du Bief des Lavaux (Jura central, Haute-Chaîne): événements paléobiogéographiques et géodynamiques. – *Geobios* 18(6):769–785.
- Rangheard, Y., Demarcq, G., Müller, C., Poignant, A., Pharisat, A. (1990): Données nouvelles sur le Burdigalien du Jura interne: paléobiologie, biostratigraphie et évolution structurale. – Bull. Soc. géol. France 8(4/3):479–486
- Reichenbacher, B. (1988): Die Fischfauna der Kirchberger Schichten (Unter-Miozän) an der Typuslokalität Illerkirchberg bei Ulm. – *Stuttgarter Beitr. Naturk., Serie B*, 139:1–53.
- (1993): Mikrofaunen, Paläogeographie und Biostratigraphie der miozänen Brack- und Süßwassermolasse in der westlichen Paratethys unter besonderer Berücksichtigung der Fisch-Otolithen. – *Senckenb. lethaea* 73(2):277–374.
- Reichenbacher, B. & Weidmann, M. (1992): Fisch-Otolithen aus der oligo-miozänen Molasse der West-Schweiz und der Haute-Savoie (Frankreich). – *Stuttgarter Beitr. Naturk., Serie B*, 184:1–83.
- Riveline, J., Berger, J.-P., Feist, M., Martin-Closas, C., Schudack, M. & Soulié-Maersche, I. (1996): European Mesozoic-Cenozoic charophyte biozonations. – Bull. Soc. géol. France 167(3):453–468.
- 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. – Mat. carte géol. Suisse 8:1–287.
- (1910): Nouvelles observations sur le Siderolithique et la Molasse oligocène du Jura central et septentrional. Troisième supplément à la description géologique de la partie jurassienne de la feuille VII de la carte géologique de la Suisse au 1:100 000. – Mat. carte géol. Suisse, N.S. 25(1).
- (1911): Révision de la stratigraphie et de la tectonique de la Molasse au Nord des Alpes en général et de la Molasse subalpine suisse en particulier. – *Nouv. Mém. Soc. helv. Sci. nat.* 46(1):1–87.
- (1912): Nouvelles études sur les terrains tertiaires et quaternaires du Haut-Jura. – *Actes Soc. jurass. d'Emulation*, 1910–1911:85–129.
- Rollier, L. & Favre, J. (1910): Carte géologique des environs du Locle et de La Chaux-de-Fonds au 1:25 000. – Carte spéciale 59, Comm. géol. suisse, Bâle.
- Salis, K. von (1967): Geologische und sedimentologische Untersuchungen in Molasse und Quartär südöstlich Wolhusen (Entlebuch, Kt. Luzern). – *Mitt. naturf. Ges. Luzern* 21:1–106.
- Schardt, H. (1900–1901): Phénomènes de lamination glaciaire dans le Val-de-Travers et à La Chaux-de-Fonds. – Bull. Soc. neuchât. Sci. nat. 29:158.
- (1903): Brèche énigmatique aux Brenets. – Bull. Soc. neuchât. Sci. nat. 30:427–431.
- (1906): Note sur la constitution du remplissage quaternaire du vallon du Locle. – Bull. Soc. neuchât. Sci. nat. 33:178–186.
- Schleich, H.H. (1985): Zur Verbreitung tertiärer und quartärer Reptilien und Amphibien. I. Süddeutschland. – *Münchn. Geowiss. Abh.*, A 4:67–149.
- Schoellammer, P. (1997): Recherche des signatures paléoclimatiques dans les remplissages lacustres fini- et postwürmiens du Locle (Neuchâtel, Suisse) et d'Illay (Jura,

- France) à partir des analyses palynologiques, minéralogiques et géochimiques. – Thèse, Fac. Sciences Université de Neuchâtel, 1–346.
- Spicher, A. (1972): Carte géologique de la Suisse au 1:500 000. – Comm. géol. suisse, Bâle.
- Stehlin, H.G. (1937): Notice sur une cheville de gazelle trouvée dans le Miocène lacustre du Crêt-du-Loche, suivie de remarques sur les restes de mammifères recueillis antérieurement dans les couches lacustres du vallon de La Chaux-de-Fonds. – Mém. Soc. paléont. suisse 60:9–17.
- Suter, H. (1920): Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Les Convers–Vue des Alpes (Canton de Neuchâtel). – Diss. Univ. Zürich, Noske-Druckerei, Borna-Leipzig, 1–46.
- Turberg, P. (1989): Rapport hydrogéologique concernant le projet MMM à La Chaux-de-Fonds. – Rapport inédit, Inst. hydrogéol. Univ. Neuchâtel.
- Zöbelein, H.K. (1983): Die Vorlandmolasse bei Günzburg a. d. Donau und Heigbach bei Biberach a. d. Riss im Rahmen des süddeutschen Tertiärs. – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. 23:151–187.