Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 58 (1965)

Heft: 2

Artikel: Contribution à l'étude du Jurassique moyen et supérieur des Préalpes médianes vaudoises

Autor: Gross, Antoine

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-163281

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Contribution à l'étude du Jurassique moyen et supérieur des Préalpes médianes vaudoises

par **Antoine Gross** (Lausanne)

Avec 15 figures dans le texte et 2 planches (I et II)

AVANT-PROPOS

Dans le cadre de mon travail de diplôme, j'étudiai la géologie de la moitié supérieure de la commune de Montreux-Le Châtelard, dans la zone frontale des Préalpes médianes. A la fin de cette étude, en novembre 1958, M. le professeur H. Badoux me proposa d'étendre mes recherches au Jurassique moyen et supérieur des Préalpes médianes de la rive droite du Rhône, parallèlement au levé géologique de la feuille Montreux (Atlas géologique de la Suisse, 1 : 25000) qu'il avait entrepris lui-même. Cette feuille et la notice explicative viennent de sortir de presse; c'est la raison pour laquelle on ne trouvera dans ce mémoire ni carte ni coupes tectoniques, mais seulement un panorama schématique destiné à situer les endroits mentionnés dans le texte.

A la demande du directeur de la thèse, j'ai déterminé moi-même tous les fossiles recueillis. Dans la plupart des cas, le nom d'espèce ne peut pas être certifié et sera précédé du «cf.» Ce matériel est déposé au Musée géologique cantonal, à Lausanne. Les lames minces font partie de la collection de l'Institut de géologie de l'Université de Lausanne.

Il m'est agréable de remercier ici tous ceux qui m'ont aidé et encouragé dans la réalisation de ce travail.

Monsieur le professeur H. Badoux m'a appris mon métier, dans ses cours et sur le terrain; j'ai vivement apprécié la liberté qu'il m'a toujours accordée dans mes recherches et ses conseils judicieux. J'ai eu le plaisir d'être son assistant pendant une année.

Monsieur E. Poldini, professeur de géophysique, m'a pris comme assistant à son laboratoire pendant les trois premières années de cette étude et fut particulièrement compréhensif à mon égard.

J'ai profité également, dans le cadre de l'Institut de géologie, de l'enseignement de Messieurs les professeurs L. Déverin, M. Vuagnat, A. Bersier et P. Mercier.

Monsieur A. Bersier, directeur du Musée géologique cantonal, et Madame A. Schnorf, conservateur, m'ont accueilli avec bienveillance et accordé une entière liberté d'action dans les musées de géologie et de paléontologie.

Mademoiselle E. Pasche, secrétaire, m'a guidé dans la bibliothèque et m'a aidé dans les recherches bibliographiques avec dévouement et amabilité.

Messieurs G. MARGOT et L. ROTH, préparateurs, ont mis à ma disposition ateliers, outillage et talents de bricoleurs qui m'ont été de la plus grande utilité pour la préparation des ammonites. Monsieur R. DUNAND, préparateur-photographe, m'a également prété son concours.

Il m'a été précieux de pouvoir compter sur tous mes amis et camarades d'études qui m'ont aidé de leurs conseils et de leurs encouragements.

Que chacun trouve ici l'expression de ma vive reconnaissance.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Introduction
- Situation géographique et géologique 744
- Aperçu historique 745
- Présentation du travail 745

Description des coupes
- Bajocien 746
- Bathonien 758
- Callovien 766
- Oxfordien et Argovien 770
- Malm moyen et supérieur 777

Considérations générales, corrélations, hypothèses
- Bajocien 782
- Bathonien 782
- Callovien, Oxfordien, Argovien 783
- Malm moyen et supérieur 785
- Conclusions 786

Liste des ouvrages cités 787

INTRODUCTION

Situation géographique et géologique

Ce travail consiste en une étude du Dogger et du Malm à travers les Préalpes médianes de la rive droite du Rhône. Il groupe une série de coupes stratigraphiques relevées entre la Baye de Montreux et la Grande Eau, territoire presque entièrement compris dans les limites de la feuille Montreux, No 1264 de la Carte nationale de la Suisse au 1:25000. Quelques-uns des points cités sont un peu au dehors de ce cadre: la région de Soladier-Cheresauletta se trouve sur la feuille Châtel-St Denis, les environs de Corbeyrier-Yvorne sur la feuille Monthey, et Vuargny sur la feuille Diablerets. Ce domaine des Préalpes médianes se présente comme une suite de chaînons montagneux N-S au front puis d'axes à peu près parallèles NE-SW; le caractère général de la topographie est dicté par les grands éléments tectoniques (pl. 1): limité à l'W par la chaîne frontale de la Cape au Moine-Verraux-Dent de Jaman, le synclinal de la Gruyère se pince vers le S et les affleurements du Malm ne dépassent pas la Dent de Jaman dans cette direction. Au-delà des petits anticlinaux de la Dent de Hautaudon et de Bonaudon, le synclinal des Rochers de Naye, à cœur de Malm et de Crétacé, constitue la deuxième chaîne importante, qui descend régulièrement jusqu'au Lac Léman. L'anticlinal de la

Tinière, creusé par la rivière par places jusqu'au cœur triasique, présente sur son flanc SE également une série régulière dont les calcaires du Malm et du Crétacé inférieur forment la crête des Monts d'Arvel. Le synclinal d'Ayerne longe cette chaîne au SE, puis le style calme de ces grands plis se complique entre Roche et Corbeyrier, dans les anticlinaux de la Sarse et le synclinal des Ruvines–Châble rouge. L'anticlinal d'Aï et le synclinal de Leysin sont à nouveau des plis harmonieux.

Aperçu historique

Les Préalpes médianes vaudoises ont été l'objet de nombreuses descriptions. V. Gilliéron (1885) et A. Jeannet (1913) donnent des listes bibliographiques détaillées. Plusieurs monographies anciennes restent des ouvrages de base pour la connaissance des Préalpes médianes, notamment celles de E. Favre & H. Schardt (1887) et de A. Jeannet (1913, 1918). Par la suite, des études plus localisées ou plus spécialisées précisent la stratigraphie du territoire en question ici ou des régions voisines: G. Henny (1918), L. Horwitz (1918, 1922, 1940), E. Peterhans (1926), J. P. Schumacher (1926), C. Chenevart (1945), M. Chatton (1947), H. Weiss (1949), L. Pugin (1951), G. Favre (1952), J. Spoorenberg (1952), J. von der Weid (1961), K. Boller (1963), et d'autres moins directement en relation avec le problème traité ici.

La région étudiée se situe à cheval sur les cartes géologiques au 1:25000 de E. Gagnebin, Vevey-Moléson (1922), et de A. Jeannet, Tours d'Aï (1912).

Présentation du travail

Une première partie comprend la description des coupes. Les étages sont ensuite l'objet d'une brève discussion.

Des coupes détaillées relevées en chaque point où l'affleurement l'a permis ont été groupées en dix régions (de la zone frontale vers le SE):

Soladier – Praz Fleuri
Verraux – Courcys – Col de Jaman
Dent de Jaman
Synclinal de Naye, flanc NW
Synclinal de Naye, flanc SE
Chaude – Pointe d'Aveneyre – Pointe à l'Aiguille – Petit Tour
Haut Féruz – Malatraix – Villeneuve – Roche
Nairecou – Sarse
Tour d'Aï
Vuargny

Les coupes systématiques banc par banc, utiles comme moyen d'étude et de comparaison, ne figurent pas dans cet exposé où je me suis attaché à établir les relations entre les changements lithologiques remarquables et les âges déterminés. Les séries sont illustrées par des croquis schématiques, où l'épaisseur des bancs est exagérée pour les besoins du dessin.

Me référant à W. J. Arkell (1956, p. 12 et suiv.), j'ai porté tout mon effort sur la recherche des ammonites. C'est dans la zone frontale de la nappe que la série

stratigraphique est le mieux développée et le plus fossilifère. Les divers étages du Dogger y sont en général bien individualisés grâce à leur faune fossile, mais celle-ci est trop pauvre, sur mon terrain, pour que l'on puisse repérer les zones d'ARKELL (1957, p. 125): il est difficile de faire des subdivisions aussi fines si l'on ne trouve pas précisément des ammonites appartenant aux espèces qui figurent dans la liste standard. D'autre part, les descriptions de la litterature sur lesquelles j'ai basé mes déterminations se rapportent à des échelles stratigraphiques plus anciennes, et les extensions verticales des espèces identifiées sont encore trop mal connues pour permettre une simple transposition: cela apporterait une précision tout illusoire. J'adopterai donc les zones de E. HAUG (1911), en tenant compte des modifications apportées par ARKELL visant la validité de l'une ou l'autre zone.

A mesure que l'on se rapproche de la Grande Eau, les ammonites deviennent plus rares et les limites moins sûres. La description des affleurements suivra cette marche du NW vers le SE. La région frontale, qui n'a pas encore été l'objet d'une description très précise, sera étudiée plus en détail que le territoire cartographié par A. JEANNET, déjà décrit avec le plus grand soin.

DESCRIPTION DES COUPES

Bajocien

4. Zone à *Garantia garanti*
3. Zone à *Witchellia romani*
2. Zone à *Otoites sauzei*
1. Zone à *Witchellia laeviuscula*

Le versant N de l'arête de Soladier (fig. 1) présente, en une succession de ravins souvent bien dégagés, une coupe presque continue à travers le Dogger, depuis le Lias schisteux du Col de Soladier jusqu'au Malm de la chaîne Dent de Lys–Cape au Moine. Avant de la décrire, signalons la présence d'un gisement fossilifère du Toarcien inférieur quelque 500 m au S du Col de Soladier, rive droite du Ruisseau de Chalevay, cote 1440 (coord. 563, 515/146, 785), dans une série alternante de schistes argileux sombres et de calcaires marneux où les schistes prédominent nettement:

Harpoceras cf. *serpentinum* (REIN.)	nombreux exemplaires
Dactylioceras sp. ind.	nombreux fragments

Sur l'arête, les affleurements ne sont bons que dès la partie supérieure de l'Aalénien (fig. 2): alternance régulière et monotone de schistes argileux gris foncé et de bancs de 10 à 40 cm de calcaire fin plus ou moins argileux, pyriteux, à pâte bleu sombre ou gris-beige souvent parsemée de petites taches allongées gris plus foncé, à patine claire gris-jaunâtre. Les couches schisteuses et calcaires sont d'égale importance. La surface des bancs est fréquemment couverte de *Cancellophycus* de grande taille. La monotonie de cette série alternante est interrompue par la présence d'un niveau d'une quinzaine de mètres d'épaisseur de schistes argileux noirs feuilletés. L'alternance calcaires-schistes reprend aussitôt après ce niveau. Ces schistes noirs n'ont livré que des fragments de bélemnites et d'ammonites inidentifiables, et de minuscules embryons d'ammonites pyriteuses. En revanche, plusieurs ammonites

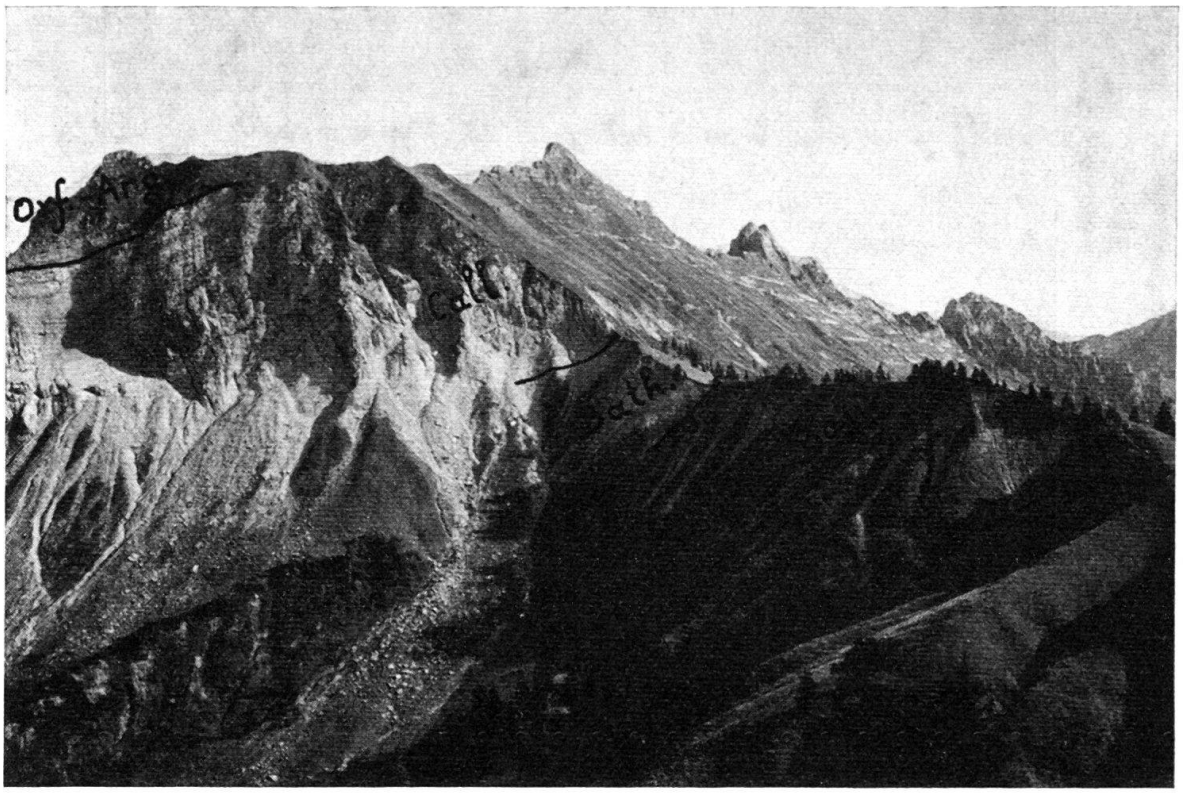


Fig. 1. L'arête de Soladier vue du NW. A l'arrière-plan, la Cape au Moine, l'arête des Verraux, les Courcys.

assez bien conservées ont été récoltées dans les bancs immédiatement inférieurs, parmi d'autres restes d'organismes insignifiants:

Lioceras cf. *comptum* (Rein.)	4 exempl.
Lioceras cf. *bifidatum* (Buckm).	4 exempl.
Lioceras cf. *opalinum* (Rein.)	3 exempl.
Lioceras cf. *thompsoni* (Buckm.)?	1 exempl.
Lioceras sp. ind.	3 exempl.
Cenoceras cf. *toarcensis* d'Orb.	
Cancellophycus	
Chondrites	

Cette faune date de la partie supérieure de la zone à *Lioceras opalinum* (zone à *Tmetoceras scissum* de Buckman et d'Arkell). Les fossiles recueillis juste au-dessus des schistes noirs sont peu caractéristiques (voir ci-après); toutefois, des ammonites typiques du Bajocien moyen apparaissent 30 ou 40 m plus haut dans la série. Le niveau schisteux pourrait représenter la zone à *Ludwigia murchisonae*. Cette interprétation est en accord avec les observations de J. von der Weid (1961), qui remarque, plus au N, une diminution des calcaires au profit des schistes dans cette zone. Les premiers bancs qui surmontent le niveau schisteux pourraient appartenir à la zone à *Graphoceras concavum*, qu'Arkell inclut dans la précédente et qui en représente la partie supérieure, ou déjà au Bajocien.

Ainsi, la base du Bajocien correspond à la réapparition de la série alternante calcaires-schistes au-dessus du niveau des schistes noirs, ou se situe quelques mètres

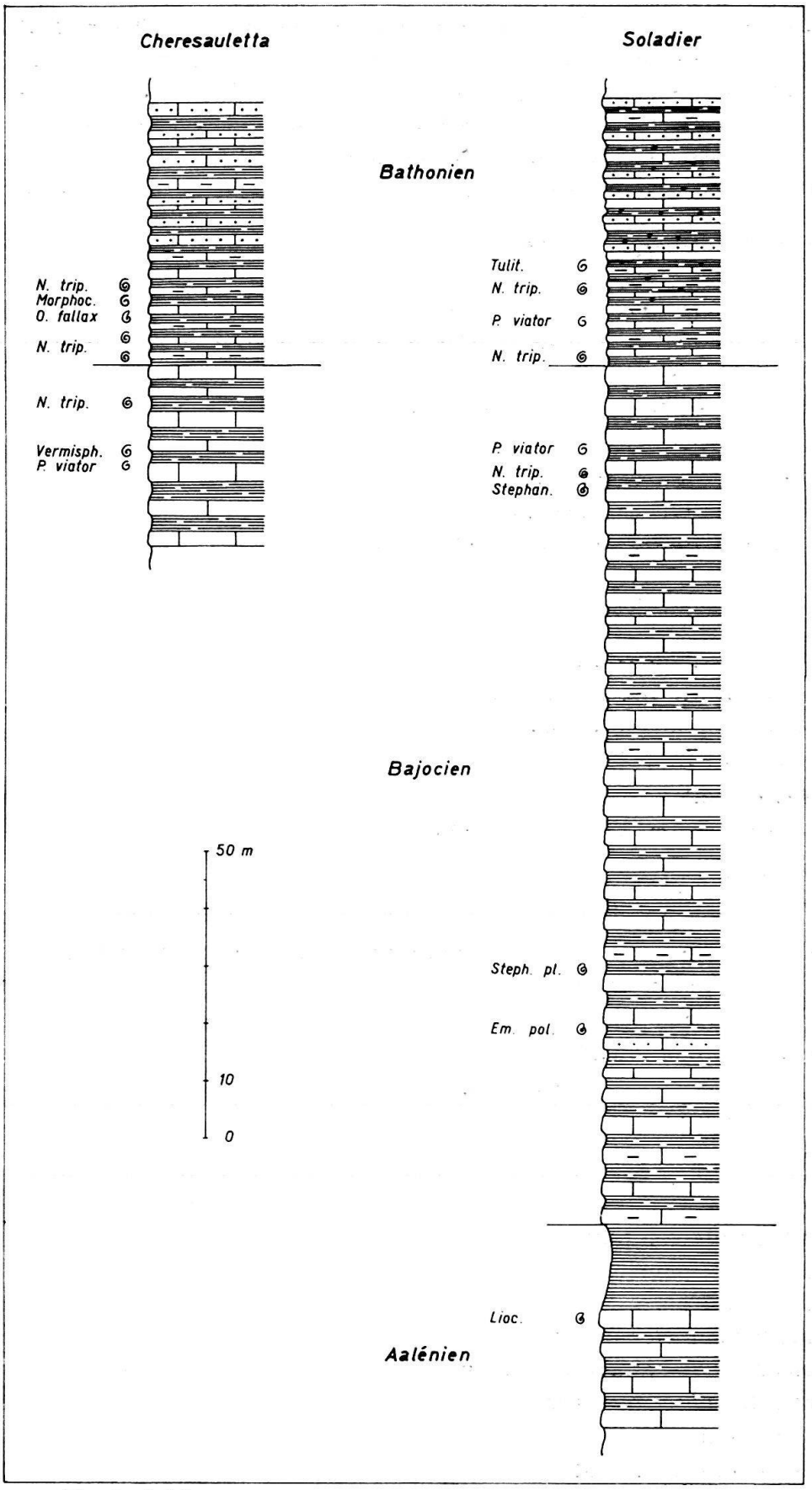


Fig. 2. Schéma stratigraphique du Bajocien de la région frontale.

en dessus. Les calcaires (10–30 cm) sont plus marneux et les schistes (3–20 cm) plus argileux que dans l'Aalénien. Il n'est pas possible de distinguer lithologiquement les zones d'ammonites, mais leur présence peut être établie, tout au moins celle des trois zones supérieures. N'ayant pas toujours trouvé de fossiles caractéristiques à Soladier, j'ai aussi exploré, plus au N, les ravins de Cheresaula-devant et Cheresauletta, plus fossilifères, décrits depuis lors avec précision par J. v. d. Weid.

Zone à *Witchellia laeviuscula* (?):

Soladier:

Holcophylloceras mediterraneum (Neum.)
Calliphylloceras heterophylloides (Opp.)
Phylloceras cf. *szaboi* Prinz
Phylloceras sp. ind. (cf. *szaboi* Prinz).

Cheresaula-devant:

Sonninia cf. *corrugata* (Sow.)
Sonninia sp. ind. (cf. *corrugata* (Sow.))
Holcophylloceras mediterraneum (Neum.).

Zone à *Otoites sauzei:*

Soladier:

Emileia cf. *polyschides* (Waag.)
Stephanoceras cf. *plagius* Buckm.
Phylloceras cf. *szaboi* Prinz
Partschiceras sp. ind.

Cheresaula-devant:

Otoites sp. ind. (cf. *sauzei* (d'Orb.)).

Zone à *Witchellia romani:*

Soladier:

Stephanoceras sp. ind. nombreux exemplaires petits et mal conservés
Sonniniidae indéterminables.

Cheresaula-devant:

Dorsetensia cf. *tecta* (Buckm.)
Dorsetensia cf. *liostraca* (Buckm.)
Stephanoceratidae indéterminales.

Cheresauletta:

Stephanoceras sp. ind.

Zone à *Garantia garanti:*

Soladier:

Stephanoceras sp. ind.
Partschiceras viator (d'Orb.)
Nannolytoceras tripartitum (Rasp.)
Oppeliidae indéterminables.

Cheresaula-devant:

Parkinsonia s. l. sp. ind.
Calliphylloceras demidoffi (Rouss.).

Cheresauletta:

Vermisphinctes cf. *vermiformis* BUCKM.
Partschiceras viator (D'ORB.) 5 exempl.
Partschiceras cf. *subobtusum* (KUD.)
Phylloceras kudernatschi (HAUER)
Holcophylloceras mediterraneum (NEUM.)
Nannolytoceras tripartitum (RASP.)
Ceromya sp. ind.

A Soladier, la série subit un changement de lithologie remarquable au sommet de la zone à *Garantia garanti* (fig. 2): les bancs deviennent plus minces; les calcaires deviennent plus argileux, les schistes plus marneux: la différence entre les deux types de roches alternantes est moins tranchée, et les teintes sont moins constrastées. Les schistes, bruns ou verdâtres, sont à peine plus foncés que les calcaires. L'alternance des bancs «blancs et noirs» fait place à une série plus uniformément gris-brunâtre. Il convient de remarquer que cette distinction n'est aisée que sur des affleurements très vastes comme ici, mais impossible sur des affleurements réduits. Dès ce changement lithologique, les *Nannolytoceras tripartitum* abondent.

Selon M. CHATTON (1947, p. 61), les couches à *N. tripartitum* caractérisent le sommet du Bajocien et la base du Bathonien dans les chaînes frontales des Médianes (région de la Dent de Broc). J. v. D. WEID (1961, p. 570–575) décrit de façon précise la limite paléontologique Bajocien-Bathonien à Cheresauletta: la partie inférieure des «couches à *N. tripartitum*» appartient au Bajocien, la partie supérieure au Bathonien. Mes résultats sont en parfaite concordance: à Cheresauletta, j'ai trouvé des formes du Bajocien supérieur avec les premiers *N. tripartitum* et des espèces typiquement bathoniennes (v. Bathonien) dans la partie supérieure des couches où abondent ces mêmes ammonites; à Soladier également, les *N. tripartitum* apparaissent dans le Bajocien supérieur et subsistent jusque dans le Bathonien inférieur. Remarquons encore qu'en attribuant une épaisseur de 8 m aux «couches à *N. tripartitum*», v. D. WEID précise qu'il désigne par là des couches «où ces fossiles sont très abondants». Entre l'apparition et la disparition de ces ammonites, il y a une épaisseur notablement plus grande; M. CHATTON (1947, p. 61) remarque le même phénomène dans la région de la Dent de Broc.

La détermination précise de la limite Bajocien-Bathonien dans les «couches à *N. tripartitum*» présente un intérêt particulier, car ces fossiles sont largement répandus dans la région étudiée ici et permettront de situer la limite, tout au moins approximativement, en l'absence d'ammonites plus caractérisitques, lesquelles semblent se cantonner dans la zone frontale.

Le changement lithologique décrit ci-dessus correspond probablement, à Cheresauletta, au passage du niveau 1 au niveau 2 de la coupe de v. D. WEID (1961, p. 574), et se situe donc environ 5 m au-dessous de la limite paléontologique.

Ainsi défini, le Bajocien présente une alternance régulière de calcaires fins, pyriteux, à cassure gris-bleu sombre et à patine jaunâtre clair, parfois un peu gréseux, de calcaire marneux gris-beige, et de schistes argileux gris-noir, ou marneux et plus clairs. Par places les calaicres dominent, ailleurs ce sont les schistes. Il est

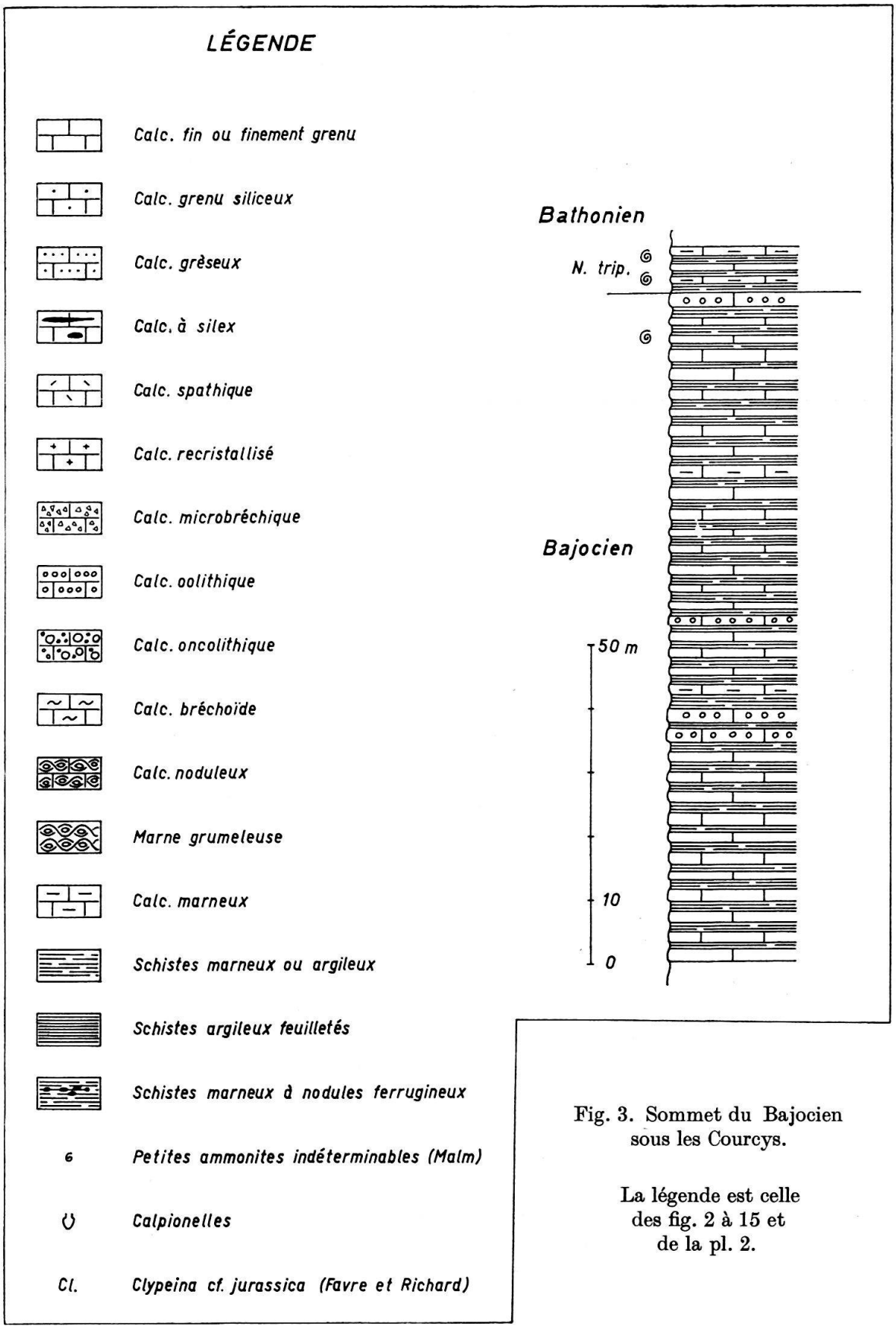


Fig. 3. Sommet du Bajocien sous les Courcys.

La légende est celle des fig. 2 à 15 et de la pl. 2.

difficile de préciser l'épaisseur de la série bajocienne, à cause de replis plus ou moins faillés et mal définis qui l'affectent; elle est voisine de 150 m. A part les ammonites, nombreuses à l'état de fragments, on y trouve quelques aptychus, des bélemnites, de petits lamellibranches, et des *Cancellophycus*, par endroits très nombreux.

Le niveau de schistes noirs qui marque le sommet du Lias sur l'arête de Soladier peut être suivi vers le S sur quelque 400 m, puis il disparaît sous les éboulis. Entre Soladier et les Verraux, le Bajocien est en majeure partie recouvert par des éboulis, et les affleurements n'apportent rien de nouveau: même série lithologique avec débris d'ammonites et *Cancellophycus*. Sous les Courcys, des calcaires oolithiques grossiers ferrugineux apparaissent au sommet de l'étage. Le changement lithologique observé à Soladier est moins net ici. Les «couches à *N. tripartitum*» sont le meilleur point de repère: dans le ravin le mieux dégagé, le sentier de Soladier au Col de Jaman les traverse obliquement au point de coordonnées 564,425/145,430; au-dessous de ces couches, on trouve quatre gros bancs de calcaire oolithique espacés sur 80 m d'épaisseur (fig. 3): ce sont des bancs de calcaire détritique grossier, oolithique et spathique, ferrugineux, qui varient latéralement dans leur texture et dans leur épaisseur; le premier (inférieur) atteint 3 m par endroits, et les suivants 1 à 1,5 m. Les *N. tripartitum* se montrent en grand nombre au-dessus du quatrième banc oolithique, sur une quinzaine de m d'épaisseur. On en trouve déjà, plus disséminés, en dessous. De nombreux fragments d'autres ammonites les accompagnent mais je n'en ai point déterminé de plus caractéristique. La limite paléontologique supérieure du Bajocien se situe, d'après la datation des «couches à *N. tripartitum*» s. str. à Cheresauletta, quelques mètres au-dessus du quatrième et dernier banc de calcaire oolithique, de sorte que les quatre bancs cités appartiennent au Bajocien.

Le long de la route du Col de Jaman, le Bajocien a livré quelques débris de *Sonniniidae* et de lamellibranches. Les *N. tripartitum* permettent de fixer la limite supérieure de l'étage à la cote 1445. Au-dessous de cette limite, plusieurs intercalations de calcaire détritique finement spathique, un peu gréseux et oolithique, ferrugineux, à auréole d'oxydation rougeâtre, correspondent aux bancs oolithiques signalés sous les Courcys.

Sous la Dent de Jaman (fig. 7), les éboulis cachent le Lias supérieur et la base du Bajocien. Les premiers affleurements montrent une série alternante de calcaires fins (15–50 cm) gris-brun ou bleutés à petites taches plus foncées et de schistes argileux ou marneux gris (0–40 cm.). Les calcaires sont plus ou moins fins et compacts: parfois très fins, bleutés ils ont une cassure conchoïdale; plus rarement ils sont très finement spathiques; dans d'autres bancs ils sont plus argileux, bruns, un peu schisteux. On y voit de nombreux *Cancellophycus* mais peu d'autres fossiles. Au sommet de l'étage, les bancs de calcaire oolithique et détritique se multiplient. Toujours très ferrugineux, avec une auréole oxydée brune ou rouge de 1–3 cm d'épaisseur, le calcaire oolithique grossier passe latéralement à un calcaire détritique plus fin, spathique ou gréseux, à débris de coquilles microscopiques (*Miliolidae, Lenticulines*) où l'on retrouve par ci par là des grains arrondis. Les variations d'un faciès à l'autre ont lieu dans toutes les directions, et n'ont aucune relation d'un banc à l'autre. Ces bancs, plus ou moins lenticulaires, sont groupés sur une épaisseur de 5 à 30 ou 40 m suivant les endroits. L. Saugy (1957, p. 21) signale

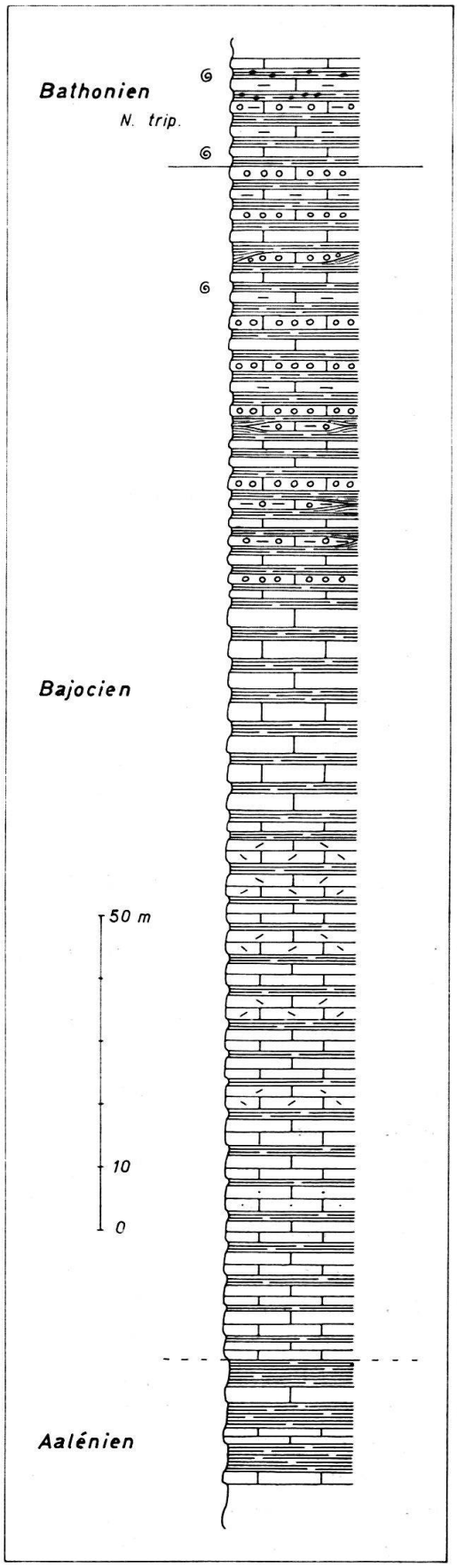


Fig. 4. Bajocien du ravin des Collondaires.

«*Cadomites deslongchampsi* D'ORB.»

juste au-dessous des calcaires oolithiques, dans la même coupe. Les *N. tripartitum* apparaissent quelques mètres (2 à 10 m suivant les coupes) au-dessus du dernier banc détritique; on en trouve sur 30 m d'épaisseur en tout cas, les couches supérieures étant les plus riches. La limite paléontologique Bajocien-Bathonien passe sans doute dans ces couches, mais n'a pas pu être précisée davantage par d'autres ammonites.

Les affleurements sont mauvais sur le flanc NW du synclinal de Naye où la série est d'ailleurs laminée par le plissement. Aucun fossile n'a permis de situer la limite Aalénien-Bajocien. Le long de la route de Veytaux à Sonchaux, le talus du tournant du pt. 738 montre des schistes argileux très fins, un peu chiffonnés, noirs, sur une épaisseur de 5 m; le chemin de Liboson-Rochers de Naye longe ce niveau sur quelques m. Dès ce tournant de la route et en dessus, des bancs de calcaire fin gris sombre à cassure conchoïdale et à patine jaunâtre clair (10–25 cm), et des calcaires plus marneux, alternent avec des schistes argileux noirs (0-25 cm). Les calcaires prédominent. Ce changement lithologique pourrait correspondre à la base du Bajocien. Le sommet de l'étage peut être fixé approximativement grâce à la découverte d'un *N. tripartitum* au bord de la même route, à la cote 785. L'affleurement est très mauvais; on ne voit pas de calcaires oolithiques. Ceux-ci sont cependant présents sur ce flanc du synclinal: on en trouve des affleurements isolés, notamment dans la région de Veytaux. L'épaisseur du Bajocien ne dépasse pas 50 m.

La rive droite de la vallée de la Tinière présente une assez bonne coupe du flanc SE du synclinal de Naye entre les Collondaires et Sautodoz. Toutefois, l'absence de fossiles dans la partie inférieure de cette coupe n'a pas permis de fixer paléontolo-

giquement la limite Aalénien-Bajocien. Au bord du sentier qui traverse le premier vallon à l'W du chalet des Collondaires à la cote 1260, de petits bancs (10–20 cm) de calcaire marneux gris alternant avec des couches beaucoup plus épaisses de schistes argilo–marneux. Les bancs calcaires se resserrent et s'épaississent lorsqu'on monte dans la série, et prédominent dès la cote 1270, base hypothétique du Bajocien. Le sommet de l'étage se situe dans les couches à nombreux *N. tripartitum*. Le Bajocien mesure ici 200 m d'épaisseur environ.

A la base, sur 90 m d'épaisseur (fig. 4), la série alternante se compose de bancs de calcaires tantôt marneux, tantôt finement spathiques à pâte sombre, siliceux et fétides (ceux-ci sont les plus fréquents), pouvant atteindre 1 m d'épaisseur, séparés par des schistes marneux en couches de 2 à 20 cm. Dans les 20 m supérieurs de cette zone à dominance calcaire, on voit apparaître, toujours en alternance avec des schistes et des calcaires fins plus ou moins marneux, des bancs de calcaire spathique moyen plus clair, glauconieux. En dessus, les schistes reprennent de l'importance, les calcaires spathiques disparaissent et la série se rapproche de celle de Soladier. 30 m plus haut, des marnes et calcaires à gros grains oolithiques ferrugineux clairsemés apparaissent parmi les schistes. Ce faciès varie latéralement et ce sont plus souvent des passées lenticulaires à grains oolithiques que des bancs réguliers. Dès lors, on voit alterner de petits bancs égaux, de 25 cm en moyenne, de calcaire fin beige-brun tacheté de gris, avec parfois de petits amas de pyrite visibles à l'œil nu, de calcaire détritique, de marnes ou calcaires à grains oolithiques ferrugineux et entroques, et des schistes marneux gris ou argileux très fins bruns ou verdâtres. Les *N. tripartitum* apparaissent 40 m plus haut, et on en trouve sur une cinquantaine de mètres d'épaisseur. Ils sont très nombreux dans les 20 m supérieurs, dans des couches essentiellement schisteuses qui renferment également des débris d'autres ammonites, des bélemnites, des *Posidonomya alpina* (Gras), des *Cancellophycus*, ainsi que des nodules ferrugineux de la taille d'un pruneau.

Le versant NW de la chaîne de la Pointe d'Aveneyre, entre le Pertuis d'Aveneyre et la pointe de Montérel, est bien dégagé par endroits. Une épaisse série alternante de schistes argileux pyriteux (couches pouvant atteindre 1,5 m d'épaisseur) et de bancs de calcaire marneux (jusqu'à 1 m) à grosses mouches de pyrite ou de calcaire fin à pyrite finement divisée (bancs plus minces) comprend indistinctement le sommet du Lias et la plus grande partie du Bajocien. La présence de ce dernier étage se manifeste par des débris de *Stephanoceratidae*, de *Perisphinctidae* (*Lobosphinctes*? sp. ind.) et d'*Oppeliidae*. On y voit aussi des *Phylloceratidae*, des bélemnites, des *Cancellophycus*, et des traces de charbon. Vers le haut apparaissent des bancs de calcaire oolithique, intercalés dans la série alternante; on en trouve de nombreux bancs jusque dans le Bathonien (fig. 8). Sur le flanc NW de la Pointe d'Aveneyre, quelques mètres au-dessus de l'apparition de ces calcaires oolithiques, deux gros bancs (1–2 m d'épaisseur chacun, séparés par 3–4 m de marnes) se marquent bien dans le paysage et soulignent la tectonique locale: ce sont des calcaires détritiques à grains plus ou moins roulés, par places grossièrement oolithiques, uniformément beiges, à patine claire. La limite Bajocien-Bathonien n'a pas pu être précisée: un *Lobosphinctes*? sp. ind. trouvé juste au-dessous du premier banc de calcaire oolithique et un *N. tripartitum* recueilli 50 m plus haut dans la série, soit à la cote 1785 sur la crête Rafevex-Pointe d'Aveneyre, sont les seuls indices relevés ici. Remarquons

qu'à la Dent de Corjon, 5 km au NE du Col de Chaude, dans le prolongement de l'anticlinal de la Tinière, G. FAVRE (1952) a pu repérer paléontologiquement la zone à *Garantia garanti*, et qu'il considère les calcaires oolithiques comme typiques du Bathonien.

Le sentier qui conduit du chalet du Petit Tour au Pertuis d'Aveneyre fournit une bonne coupe lithologique, mais la limite Bajocien-Bathonien reste imprécise. A. JEANNET (1918, p. 474) signale un *N. tripartitum* vers la cote 1715; j'en ai trouvé un autre à la cote 1705. Les premiers calcaires oolithiques se situent vers la cote 1675; de là en montant, on en voit de nombreux bancs de toutes sortes, du plus fin à petits grains oolithiques bien formés au calcaire grossièrement détritique et même microbréchique à grains plus ou moins roulés et à entroques, toujours ferrugineux, en intercalations dans une série alternante où dominent des bancs de calcaire fin pyriteux brun, glauconieux par places, en bancs d'épaisseur moyenne inférieure à 50 cm, séparés par des schistes argileux.

Sous la Pointe de Malatraix, rive gauche de la Tinière, des affleurements discontinus permettent d'observer la série suivante: au-dessus des calcaires spathiques gris clair, puis plus fins, foncés et très siliceux, du Lias supérieur, on trouve une alternance régulière de calcaires fins ou très finement spathiques homogènes à cassure bleutée et patine brunâtre, à lits et rognons de silex aux bords imprécis ou déchiquetés pouvant atteindre 6 cm d'épaisseur, et de schistes argileux parfois un peu gréseux, sur 100 m d'épaisseur environ. Puis, sur quelque 700 m d'épaisseur, une série alternante peu différenciée sans silex: calcaires fins pyriteux, plus marneux vers le haut, calcaires oolithiques dans la partie supérieure, et schistes argileux. On y voit quelques petits lamellibranches et des *Cancellophycus*. Les couches à *N. tripartitum* fournissent le premier repère paléontologique et permettent de situer approximativement la limite supérieure du Bajocien à la cote 1500 dans le large ravin au N 15° W du sommet de Malatraix. Il n'y a pas de calcaires oolithiques en dessous.

Les calcaires spathiques de la base de cette coupe correspondent au niveau 7 de E. PETERHANS (1926, p. 249), et appartiennent au Lias supérieur (id., p. 250). Il convient de signaler ici une découverte récente: sur le sentier de la Combe du Pissot, cote 880, H. BADOUX et J. MAUTNER ont trouvé à la surface supérieure du dernier banc de ces calcaires spathiques une faunule d'ammonites; il est exclu de les déterminer spécifiquement mais on peut reconnaître

Dumortieria?
Pleydellia?

Ces fossiles indiqueraient l'Aalénien inférieur. Il est donc bien possible que le passage des calcaires spathiques à la puissante série alternante marno-calcaire qui les surmonte corresponde à la limite Toarcien-Aalénien. Aucun élément n'a permis de séparer ici l'Aalénien du Bajocien.

Entre Villeneuve et Roche, au-dessus du Lias des carrières d'Arvel décrit successivement par H. SCHARDT (1898), L. W. COLLET (1909), A. JEANNET (1918) et E. PETERHANS (1926), le Dogger est mal défini à cause de la grande rareté des fossiles.

Le «massif échinodermique supérieur» de SCHARDT et de JEANNET qui correspond aux niveaux 5–7 de PETERHANS (1926, p. 249), se termine vers le haut par une cinquantaine de mètres de calcaire moyennement spathique siliceux gris-brunâtre sombre,

en bancs minces, à nombreux lits de silex, qui repose sur des calcaires marmoréens clairs. En dessus, les lits de silex disparaissent, et l'on voit des calcaires fins ou finement spathiques siliceux et fétides, gris sombre et à patine jaunâtre, un peu argileux, pyriteux, en bancs minces très bien lités, séparés par de minces joints plus schisteux vers le haut de la série; ils sont exploités dans la petite carrière juste au S de Planche Boetri (v. pl. 1, l'Aalénien a le même figuré que le Dogger), où ils ont livré:

Pleydellia cf. *aalensis* (Ziet.) 2 exempl.
Pleydellia ? sp. ind.

Ici également, la limite Toarcien-Aalénien paraît donc se situer au sommet du massif échinodermique supérieur. Au bord de la plaine, ces calcaires siliceux affleurent jusqu'au Sauquenil. Ils mesurent 250 m d'épaisseur environ. Des zones plus massives et résistantes, à petits rognons de silex, forment par endroits des parois; on trouve des *Cancellophycus*.

Dès le Sauquenil, au-dessus de la paroi formée par les calcaires siliceux, on touche une série nettement plus marneuse où schistes et calcaires alternent en couches très minces et régulières. On y voit des *Cancellophycus*, parfois en grande abondance; à part cela, quelques mauvais débris d'ammonites et des *Posidonomyes*. Lors d'une excursion, le professeur H. Badoux et ses élèves ont exploré la région du Sauquenil et ont recueilli quelques ammonites à la base de la série marneuse qui surmonte les calcaires siliceux:

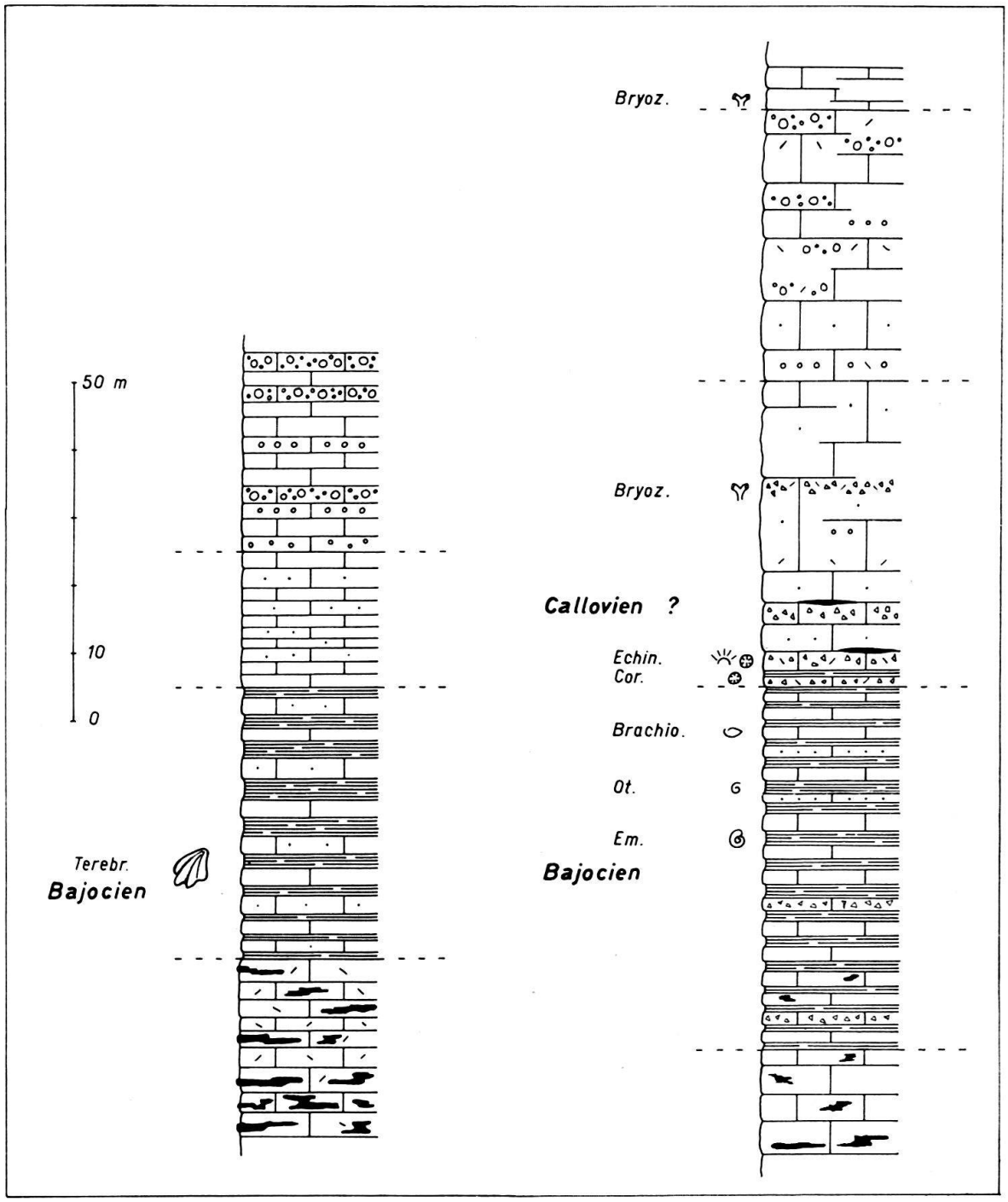
Partschiceras viator (d'Orb.)
Holcophylloceras mediterraneum (Neum.)
Parkinsoniidae gen. ind.
Posidonomya alpina (Gras) plusieurs exempl.

Ces fossiles datent probablement du Bajocien supérieur. Il semble donc que l'épaisse série de calcaires siliceux sombres comprenne l'Aalénien et le Bajocien inférieur, et que les couches marneuses fines et régulières qui les surmontent appartiennent au Bajocien supérieur et au Bathonien.

Le Dogger réapparaît dans de petits anticlinaux écrasés et faillés entre Roche et Corbeyrier. Il a ici le faciès du «Dogger intermédiaire» de E. Peterhans ou des «Couches de Vervine» de H. Badoux (1962, p. 16): alternance de marnes et de calcaires fins ou finement grenus bruns ferrugineux rouges et gravillons dolomitiques. Le petit ravin au NW du pt. 863 (le long de la limite des communes de Roche et d'Yvorne) présente la coupe suivante, au-dessus de la cote 830 (fig. 5):

Des calcaires finement spathiques très siliceux gris foncé, parfois plus clairs, massifs ou en gros bancs irréguliers, bourrés de silex de toutes formes mais toujours allongés dans le sens de la stratification, montent jusqu'à la cote 855; on y voit déjà quelques bancs de calcaire finement grenu à petits gravillons dolomitiques, qui se multiplieront plus haut. Dès la cote 835, les silex diminuent, et ils disparaissent avec les calcaires spathiques. En dessus, des calcaires fins brun foncé et des calcaires à petits gravillons dolomitiques ou ferrugineux jaunes, oranges et bruns pris dans une pâte fine beige ou brune alternent avec de minces couches de schistes marneux. Ceux-ci gagnent rapidement de l'importance, puis diminuent à nouveau et dis-

paraissent à la cote 910. Après une vingtaine de mètres sans intercalations schisteuses, les calcaires fins sont peu à peu envahis par des éléments ronds et passent à des calcaires oolithiques et «oncolithiques», à *Trocholina alpina* (LEUP.), *Miliolidae*, *Textulariidae* et autres débris.



Vallon au NW du pt 863 (562,080/134,340).

Nairecou-Sex de la Sarse:
coupe relevée entre le vallon de Nairecou et la 5° fenêtre du tunnel, à compter depuis l'extrémité supérieure.

Fig. 5. Coupes schématiques du Dogger des anticlinaux de la Sarse.

La base de la zone schisteuse a fourni plusieurs brachiopodes, térébratules et rhynchonelles, notamment:

Terebratula cf. *kleinii* (VALENC. & LAM.)
Terebratula phillipsii (MORRIS) mut. ROLLIER
Terebratula cf. *ferryi* (DESLONGCHAMPS)
Terebratula sp. ind.
Rhynchonella sp. ind.

Ces fossiles caractérisent le Bajocien, sans permettre de préciser la zone.

Le vallon de Nairecou, au-dessous du tunnel de la route des Agites à travers le Sex de la Sarse, présente une bonne coupe, décrite par JEANNET (1918, p. 476) sur la rive droite. La rive gauche (fig. 5) montre que les calcaires à silex attribués au Lias supérieur passent progressivement, par disparition graduelle des lits de silex, à la série alternante de calcaires détritiques plus ou moins finement grenus et de marnes dont le sommet correspond aux niveaux 3b et 3a de JEANNET. Cette série mesure ici une soixantaine de mètres d'épaisseur; elle a fourni des fossiles dans sa moitié supérieure, soit entre la cote 1345 et le pied de la paroi, dont quelques fragments très mal conservés d'ammonites atteignant parfois 30 cm de diamètre. La plupart sont franchement indéterminables. Les deux échantillons les plus intéressants paraissent pouvoir être rattachés aux genres

Emileia sp. ind.
Otoites sp. ind.

qui dateraient ces couches du Bajocien moyen (z. à *O. sauzei*?). On y voit en outre de nombreuses bélemnites, des radioles d'oursins, des feuilles fossiles et de minces veines de charbon, ainsi que des bancs calcaires bourrés de petites térébratules. Quelques bancs de calcaire gréseux à patine rouge, disséminés dans la série, rappellent les calcaires détritiques du sommet du Bajocien de la Dent de Jaman, et aussi les bancs rouges du Bathonien supérieur. Tout au long de la série, on remarque dans des niveaux de marnes et de calcaires finement grenus une nette odeur de pétrole. Dans les derniers mètres, les couches schisteuses diminuent brusquement d'épaisseur et les bancs calcaires augmentent (niv. 3a de JEANNET) progressivement jusqu'aux bancs à coraux (niv. 2) qui forment le bas de la paroi.

Bathonien

2. Zone à *Oxycerites aspidoides*
1. Zone à *Oxycerites fallax*.

La limite paléontologique Bajocien–Bathonien a été fixée par M. CHATTON (Dt. de Broc) et par J. v. D. WEID, à Cheresauletta, dans les «couches à *N. tripartitum*». Cette dernière coupe m'a livré dans la partie supérieure de ces couches:

Morphoceras cf. *macrescens* (BUCKM.)	
Oxycerites cf. *fallax* (GUÉRANGER)	2 exempl.
Lissoceras cf. *psilodiscus* (SCHLOENBACH)	
Phylloceras cf. *isomorphum* GEMM.	
Nannolytoceras tripartitum (RASP.)	innombrables
Calliphylloceras sp. ind.	
Phylloceras sp. ind.	plusieurs exempl.

Et à Soladier, également dans la partie supérieure des «couches à *N. tripartitum*»:

Tulitidae gen. ind. (*Treptoceras*?)
Partschiceras viator (D'ORB.)
Ptychophylloceras flabellatum (NEUM.)
Nannolytoceras tripartitum (RASP.) nombreux. exempl.

Ces ammonites datent du Bathonien inférieur et confirment la limite ci-dessus.

A Soladier, comme nous l'avons vu à propos du Bajocien, l'apparition en nombre des *N. tripartitum* correspond à un changement de lithologie (fig. 2): amincissement des bancs et tendance à un faciès marneux moins différencié que dans le Bajocien. Les *N. tripartitum* sont très nombreux sur une dizaine de mètres d'épaisseur. Les schistes contiennent de petits nodules pyriteux plus ou moins oxydés. 20 m au dessus de la base des «couches à *N. tripartitum*», on trouve un premier banc résistant de 10 cm de calcaire détritique gréseux (quartz, mica), ferrugineux et finement spathique à auréole d'oxydation rouge. Dès lors, de nombreux bancs détritiques de texture semblable, formant saillies et bien visibles grâce à leur teinte d'altération, apparaissent à divers intervalles dans la série bathonienne marneuse et calcaire, ici sur une épaisseur de 80 m. Très réguliers, d'abord minces et espacés, ces bancs augmentent progressivement d'épaisseur (jusqu'à 1 m) et se resserrent vers le milieu de cette zone, puis diminuent de nouveau, s'espacent et disparaissent; ils contiennent fréquemment de très minces lits discontinus de charbon. Au microscope, on remarque:

Trocholina alpina (LEUP.)
Trocholina elongata (LEUP.)
Protopeneroplis sp. ind. WEYNSCHENK
Epistomina?
Cristellaria
Miliolidae
Radioles et pédicellaires d'oursins, entroques, grains de quartz, parfois de feldspath.

On voit aussi quelques rares bancs saillants de calcaire grossièrement spathique et microbréchique gris-beige. Cette série est peu fossilifère et les rares ammonites qu'elle contient sont écrasées et mal conservées; elle m'a livré à Cheresauletta:

Holcophylloceras mediterraneum (NEUM.)
Oecotraustes? sp. ind.
Siemiradzkia? sp. ind.

et à Soladier:

Holcophylloceras mediterraneum (NEUM.)
Ptychophylloceras flabellatum (NEUM.)
Perisphinctidae indéterminables
Oppeliidae indéterminables
Bélemnites
Posidonomya alpina (GRAS) nombreuses
Cancellophycus

Après la disparition insensible des bancs rouges, la série bathonienne continue sans changement important: alternance de schistes argileux et de calcaires marneux plaquetés gris à patine jaunâtre en bancs réguliers de 20 à 30 cm, à bélemnites et très rares fragments d'ammonites:

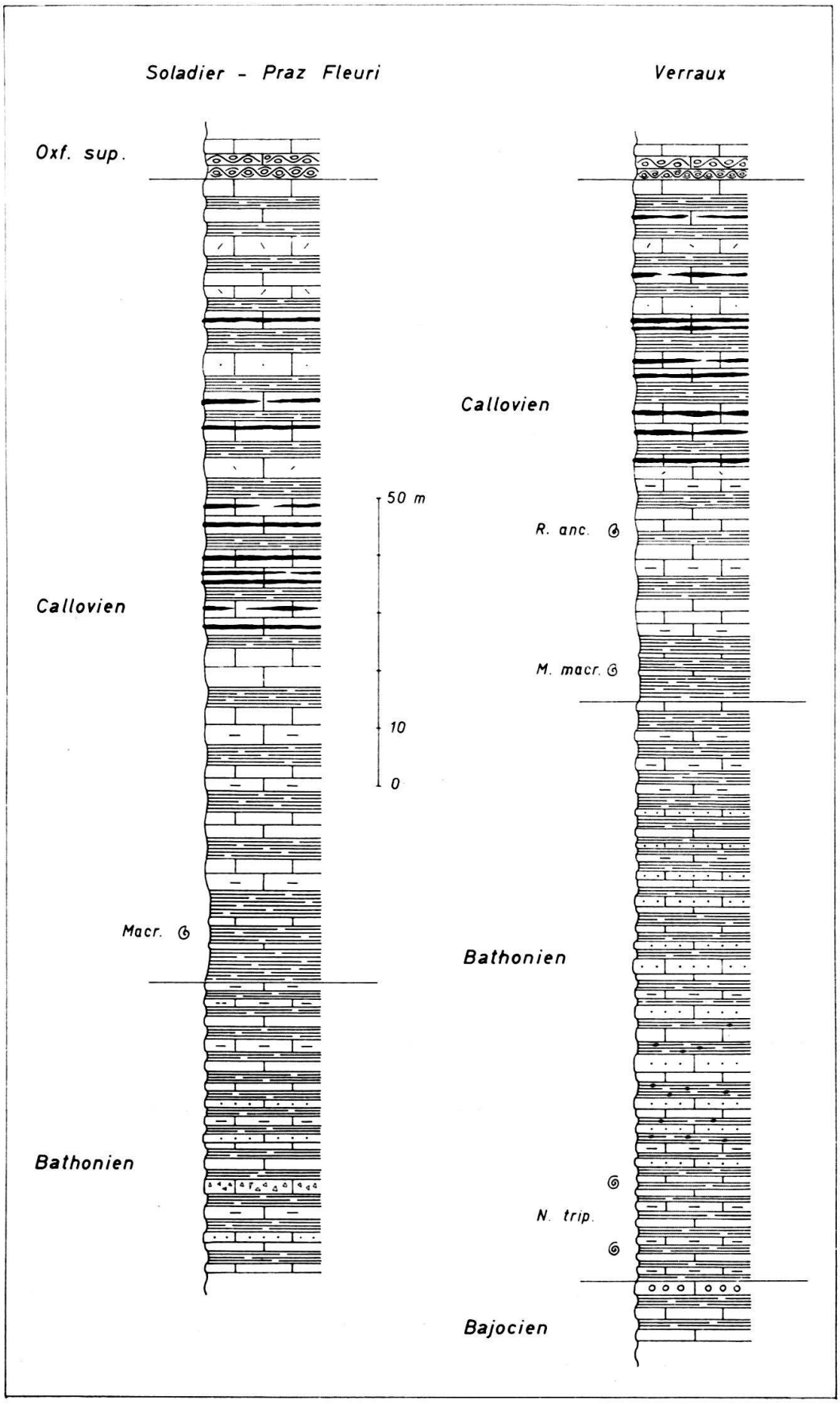


Fig. 6. Bathonien et Callovien de la région frontale.

Oxycerites?

Certaines couches, calcaires ou schisteuses, sont vivement tachetées de gris plus foncé. On trouve toujours de petites lentilles de charbon. La série devient progressivement plus siliceuse et moins argileuse vers le haut. Les fossiles sont très rares: débris d'ammonites indéterminables, bélemnites, *Cancellophycus*. Dès le Bathonien supérieur, les affleurements de l'arête de Soladier-Pierra Percia sont favorables (v. fig. 1): la pente augmente fortement vers l'E, et le versant N de l'arête passe à une paroi, difficilement accessible le long d'une faille au SW de Praz Fleuri. L'arête qui domine cette paroi peut être longée sur le versant S au bord de la pente herbeuse des Verraux jusqu'au sommet de la chaîne (Pierra Percia); très peu propice à la recherche des fossiles, elle permet néanmoins de voir la lithologie (fig. 6): 20 m au-dessus du dernier banc rouge, l'alternance calcaires-schistes fait place à une zone essentiellement schisteuse qui longe le bas de la paroi: schistes marno-calcaires gris clair se débitant en aiguilles, sur 10 m d'épaisseur. En dessus, nouvelle alternance, de ces schistes et de bancs plus durs de calcaire marneux siliceux plaqueté brunâtre, sur une cinquantaine de mètres. Puis apparaissent, dans les bancs calcaires, des lits de silex bleu-noir. La zone schisteuse, qui correspond à la base du « complexe schisteux brun clair» de L. Pugin (1951) et J. v. d. Weid (1961), a été datée, en territoire fribourgeois (Chatton, v. d. Weid) ainsi que sur l'arête suivie ici et sous les Courcys, du Callovien inférieur. A la Dent de Lys, d'après des ammonites bathoniennes trouvées quelques mètres en dessous, J. v. d. Weid a pu établir que la limite paléontologique Bathonien-Callovien se situe précisément à la base de ces schistes. Le Bathonien mesure donc 120–150 m d'épaisseur.

Sous les Courcys, le Bathonien présente une série très semblable (fig. 6): les «couches à *N. tripartitum*» ont 15–20 m d'épaisseur; elles renferment aussi des débris d'autres ammonites et fossiles habituels:

Phylloceras sp. ind. (cf. *kudernatschi* (Hauer))
Phylloceras sp. ind. nombreux exempl.
Perisphinctidae indéterminables
Oppeliidae indéterminables
Bélemnites
Posidonomya alpina (Gras)
Cancellophycus (entre autres *C. procerus*. Heer)

Les premiers bancs rouges de calcaire grèseux apparaissent immédiatement en dessus et s'intercalent dans la série marno–calcaire sur une épaisseur de 60 m. Chaque banc rouge surmonte presque toujours un banc calcaire; la surface de contact, irrégulière, semble indiquer un arrêt de sédimentation et peut-être même une courte période d'érosion (sous-marine) précédant le dépôt du banc rouge, dont la base montre parfois un petit filonnet de charbon discontinu; quelques-uns de ces bancs sont très légèrement discordants. Les plus épais (1, 2 m) ont une texture grossière à la base, avec grains roulés jusqu'à 3 mm de diamètre et éléments quartzeux, qui s'affinent vers le sommet du banc. Entre les bancs calcaires, on distingue deux sortes de schistes: les uns argileux, tendres, beiges et irréguliers, les autres marneux, gris clair et «secs», bien lités, se débitant en plaquettes ou en aiguilles. Ces dernier ont tendance à dominer lorsqu'on monte dans la série.

Cette zone à bancs rouges a livré quelques ammonites écrasées, un *Oxycerites* sp. ind., des *aptychus*, des bélemnites, de nombreux *Cancellophycus* et des lamellibranches. On y voit aussi des nodules ferrugineux.

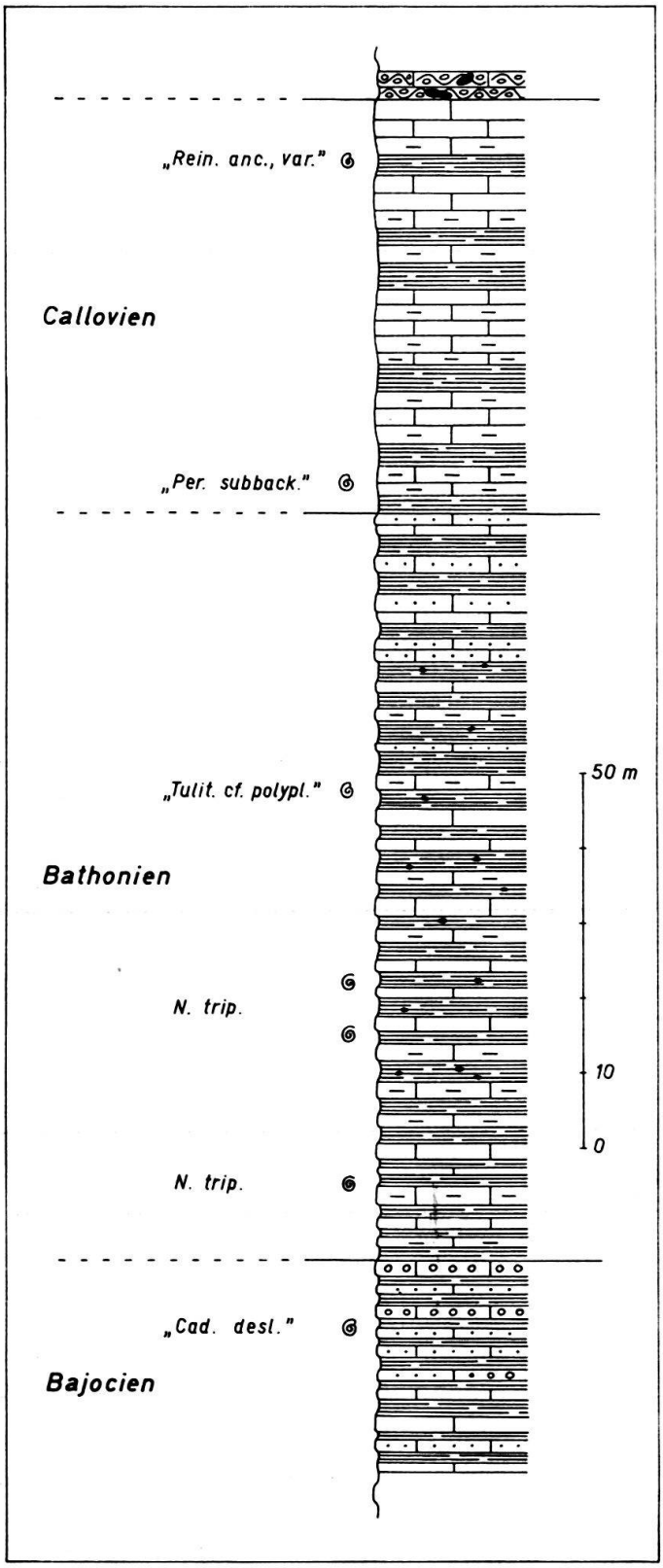


Fig. 7. Dogger supérieur du flanc W de la Dent de Jaman.

Au-dessus du dernier banc rouge, la série alternante des schistes et calcaires marneux se poursuit sur 15 m puis devient essentiellement schisteuse, sur une quinzaine de m. également (base du Callovien). En dessus, la pente plus raide révèle une zone plus compacte de 30 m d'épaisseur de calcaires siliceux plaquetés alternant avec des schistes marno-calcaires siliceux. Puis des lits de silex bleu sombre apparaissent dans les bancs calcaires. L'épaisseur du Bathonien est ici de 100–120 m.

Sous la Dent de Jaman (fig. 7), les couches à *N. tripartitum* sont largement développées et contiennent quelques débris de *Perisphinctidae* et de *Phylloceratidae*, dont:

Holcophylloceras mediterraneum (Neum.).

L'alternance des schistes marneux et calcaires fins brunâtres, de plus en plus siliceux, contenant de la pyrite en petits cubes ou en nodules plus ou moins oxydés, se poursuit sur 40 m avec intercalation d'un ou deux bancs minces de calcaire gréseux; cette série est plus calcaire à la base et plus schisteuse au sommet. L. Saugy (1957) y a trouvé

« *Tulites* cf. *polypleurus* Buckm. »

du Bathonien supérieur.

En dessus apparaissent les bancs rouges de calcaire gréseux qui sont ici groupés sur

une vingtaine de mètres d'épaisseur: à la base, des bancs de 60–80 cm se juxtaposent sur 3 m d'épaisseur, puis ils s'espacent et se répartissent dans la série, où l'on trouve des bélemnites et des *Cancellophycus*. Les schistes marneux et siliceux du Callovien inférieur les surmontent. L'épaisseur du Bathonien est de 100 m environ.

La coupe de la route Veytaux-Sonchaux n'apporte rien de nouveau. Au sommet de l'étage, trois bancs de calcaire gréseux à auréole d'oxydation rouge sont groupés sur 1,2 m d'épaisseur, separés l'un de l'autre par des calcaires fins marneux. Le Bathonien mesure 50–60 m d'épaisseur.

Le flanc SE du synclinal de Naye présente, dans le ravin des Collondaires, une série bathonienne moins laminée (fig. 8): les «couches à *N. tripartitum*» ont une vingtaine de mètres d'épaisseur et se situent au-dessus de la cote 1490. Très riches en *N. tripartitum*, elles n'ont pas livré d'autres fossiles caractéristiques: *Phylloceras* sp. ind., bélemnites, *Cancellophycus*. La série essentiellement schisteuse argileuse, avec intercalations de quelques petits bancs de calcaire fin ou marneux, se poursuit sur 80–100 m d'épaisseur, plus siliceuse vers le haut, jusqu'à l'apparition des bancs rouges de calcaire gréseux plus ou moins fin, d'épaisseurs variables: on en voit sur une dizaine de mètres d'épaisseur au total, parfois groupés en niveaux épais (4 m), ou séparés par des calcaires finement grenus siliceux à lits de silex.

Sur les bancs rouges reposent des calcaires siliceux en gros bancs massifs à lits et rognons de silex noirs. Mais à une cinquantaine de m au SW du vallon principal, précisément sur les bancs rouges et sous les gros bancs de calcaire à silex s'intercale un niveau de 20 cm de calcaire siliceux à nodules irréguliers bruns, truffé de bélemnites et de débris d'ammonites; il s'agit sans doute du niveau à nodules phosphatés découvert par A. Jeannet au Pertuis d'Aveneyre (1918, p. 491) et daté de la zone à *Macrocephalites macrocephalus*. Le Bathonien mesure donc 120 m d'épaisseur environ.

A la Pointe d'Aveneyre, je n'ai pas trouvé de véritables «couches à *N. tripartitum*», mais seulement de rares exemplaires isolés. La série bathonienne (fig. 8) consiste en une alternance de schistes marneux brunâtres, de calcaires fins pyriteux et de calcaires marneux bruns, avec quelques intercalations de calcaires oolithiques. On y trouve de rares *Oppeliidae*, des débris de *Phylloceratidae*, des bélemnites et des *Cancellophycus*:

Oxycerites cf. *limosus* (Buckm.)
Oxycerites (?) cf. *subinflexus* De Grossouvre
Oxycerites (?) cf. *inflexus* De Grossouvre
Oxycerites cf. *aspidoides* (Opp.) empreinte
Oecotraustes cf. *conjungens* (Mayer)

Vers le haut, les calcaires sont plus détritiques et les schistes moins argileux sur une quinzaine de mètres; ils contiennent des *Cancellophycus* à foison, plusieurs débris de feuilles et de bois fossiles et des traces de charbon; puis viennent les bancs rouges.

Le sommet de la série, dès le Bathonien supérieur, est assez différent d'une coupe à l'autre dans le détail, en raison des variations latérales de plusieurs niveaux, de la qualité très inégale des affleurements et des difficultés d'accès. La fig. 9 représente schématiquement six coupes relevées entre Modzenaire et la Pointe à l'Aiguille: au-dessus de l'épaisse série marno-calcaire, l'apparition des bancs rouges est partout

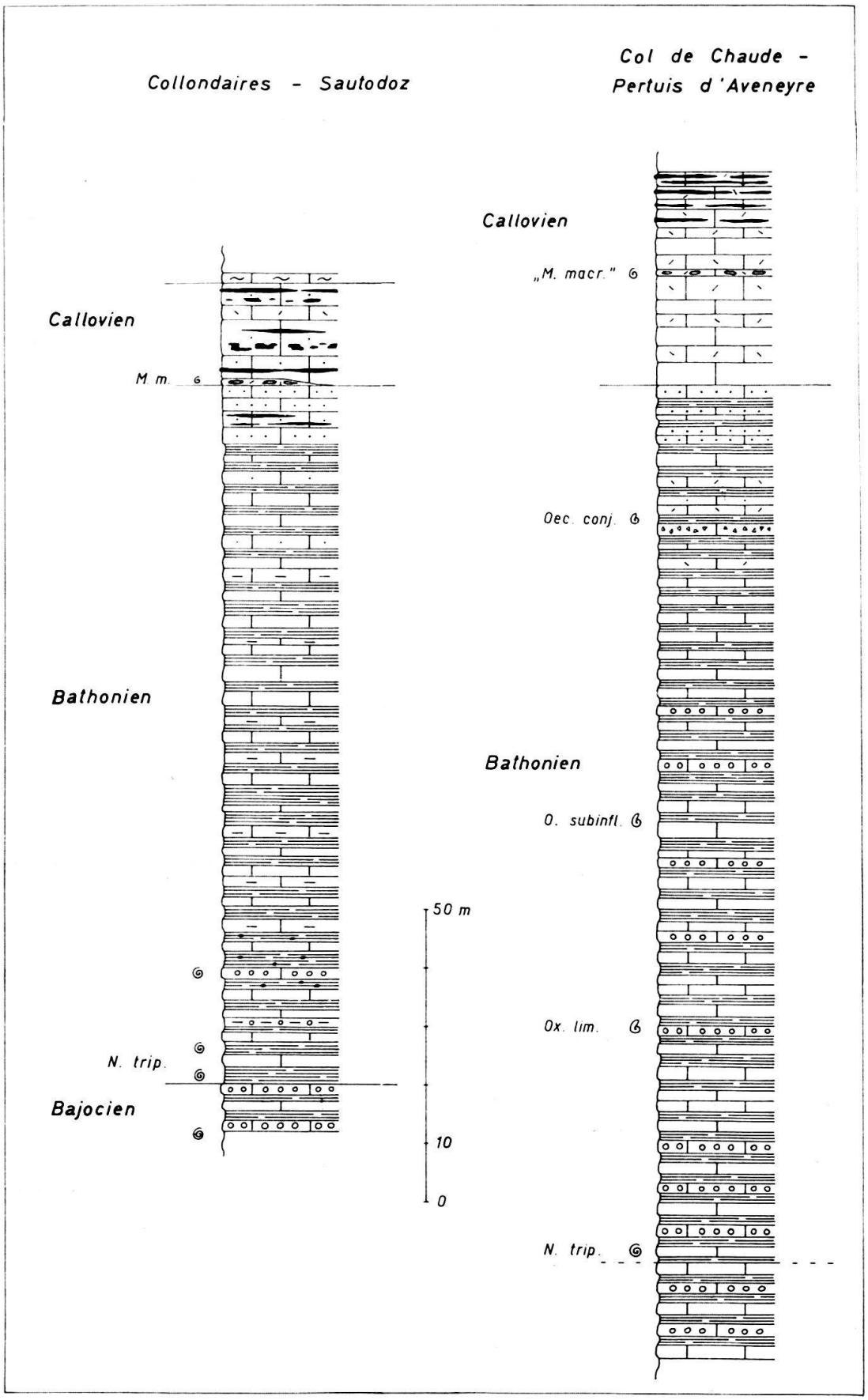


Fig. 8. Bathonien de l'anticlinal de la Tinière.

bien nette: bancs de 20–60 cm de calcaires détritiques plus ou moins fins à auréole d'oxydation rouge, remplis de petits grains de quartz, avec des articles de tiges de *Pentacrines* en saillie, et intercalations de quelques bancs de calcaire finement grenu gris, glauconieux, le tout groupé sur 5–8 m d'épaisseur. Ces bancs correspondent aux niveaux l–k du profil de JEANNET (p. 492–493); la coupe de H. WEISS (1949, p. 86) commence plus haut. Sous la Pointe d'Aveneyre et dans les ravins au N du sentier du Pertuis, les derniers schistes marneux, qui forment la couche sur laquelle repose le premier banc gréseux rouge, contiennent de nombreux nodules pyriteux plus ou moins oxydés, qui pourraient être d'anciennes ammonites. Sur le flanc E de la Dent de Corjon, ce niveau m'a livré un

Oxycerites (?) cf. *inflexus* DE GROSSOUVRE

du Bathonien supérieur.

Au-dessus des bancs rouges, sur une épaisseur de 20 à 30 m des calcaires finement grenus pyriteux brunâtres, puis finement spathiques ou grenus siliceux et glauconieux gris à bélemnites, alternent avec de minces couches de schistes marneux «secs» (niveaux i–c de JEANNET; niv. 1 de WEISS).

Puis vient un niveau de 30–50 cm de calcaire finement spathique et grenu siliceux, glauconieux, à nombreuses bélemnites et à nodules bruns: c'est le niveau 3b de JEANNET (p. 491–495), à nodules phosphatés, daté de la zone à *M. macrocephalus*. Dans la coupe de WEISS, c'est sans doute le niveau 2 qui lui correspond. Ce niveau a été reconnu avec certitude au-dessus de Modzenaire et surtout à la Pointe d'Aveneyre, exactement au NW du sommet, à la cote 1878: on y voit plusieurs sections d'ammonites. Il est visible sur le sentier du Pertuis mais n'y est pas très caractéristique. Vers le SW, il semble disparaître assez rapidement: sous la Pointe à l'Aiguille déjà, je ne l'ai plus retrouvé. A. JEANNET en signale un bloc éboulé dans la région du Noirmont (p. 496).

La limite Bathonien-Callovien passe soit au-dessus des bancs rouges, soit en dessous comme le pensait JEANNET. Aucun élément paléontologique ne me permet de trancher la question ici: les couches sur lesquelles reposent les bancs rouges datent du Bathonien supérieur, et les premiers niveaux qui les surmontent du Callovien inférieur. La discussion sera reprise dans le chapitre des corrélations.

Sous la Pointe de Malatraix, les «couches à *N. tripartitum*», caractérisées par un bon nombre de ces ammonites, se situent autour de la cote 1500, dans l'immense série marno-calcaire peu différenciée qui commence dans l'Aalénien. Elles ne correspondent à aucun changement brusque de la lithologie; très semblable à celle du sentier du Pertuis d'Aveneyre, la série contient également quelques niveaux de calcaires oolithiques, tantôt riches en oolithes, tantôt plus spathiques, au-dessus des couches à *N. tripartitum*. Elle a livré, dans plusieurs ravins étudiés entre Haut Féruz et Malatraix:

Oxycerites cf. *aspidoides* (OPP.)
Oecotraustes sp. ind. 3 exempl.
Wagnericeras? sp. ind.
Ptychophylloceras flabellatum NEUM.
Phylloceras sp. ind.
Bélemnites

Posidonomya alpina (GRAS)
Entolium sp. ind.
Cancellophycus

Calcaires et marnes sont toujours pyriteux; plusieurs niveaux ont une odeur de pétrole. La teneur en silice augmente vers le haut et l'on voit apparaître par endroits de petits silex dans les bancs calcaires, déjà quelques mètres au-dessous des calcaires gréseux à auréole rouge, notamment sur le sentier du Pas à l'Ane (N du sommet de Malatraix). Entre les couches à *N. tripartitum* et les bancs rouges, l'épaisseur du Bathonien est de 250 m environ. Les calcaires gréseux, massifs, ont 6–10 m d'épaisseur et sont surmontés par des calcaires finement spathiques ou grenus à rognons de silex; le niveau à nodules phosphatés n'a été retrouvé nulle part.

Entre le Sauquenil et Roche, les données paléontologiques sont pauvres et la situation du Bathonien n'a pu être éclaircie; il en est de même dans le torrent de Nairecou, sous le Sex de la Sarse. Vers l'E, le Dogger disparaît et le Malm repose directement sur le Lias inférieur ou moyen. Dans la vallée de la Grande Eau, les couches à *Mytilus* si problématiques m'ont livré de nombreux lamellibranches et brachiopodes, qui correspondent tous aux descriptions de P. DE LORIOL (1883) et n'apportent par conséquent aucune précision de date; au microscope, on voit des *Pseudocyclammina*. Tous ces éléments sont connus et n'ajoutent rien aux conclusions de H. H. RENZ, ou de H. WEISS.

Callovien

4. Zone à *Quenstedtoceras lamberti*
3. Zone à *Peltoceras athleta*
2. Zone à *Reineckeia anceps*
1. Zone à *Macrocephalites macrocephalus*

Peu fossilifères, les couches qui surmontent le Bathonien ont néanmoins livré entre Praz Fleuri et la Dent de Jaman quelques ammonites caractéristiques qui signalent la présence du Callovien inférieur, zones à *Macrocephalites macrocephalus* et à *Reineckeia anceps*. Le prochain niveau daté avec certitude est la zone à *Gregoryceras transversarium*, soit l'Argovien.

Un niveau essentiellement schisteux de 10 m d'épaisseur au moins, qui traverse l'arête de Soladier autour de la cote 1730 et file le long du pied de la paroi au NW de Praz Fleuri, a pu être daté de la base du Callovien grâce à

Macrocephalites sp. ind.

Ces schistes passent vers le haut (fig. 6) à une série alternante de calcaires fins, siliceux, plaquetés, gris–brun et de schistes assez compacts se débitant en aiguilles, d'une cinquantaine de mètres d'épaisseur. Puis apparaissent brusquement, dans les bancs calcaires, des lits réguliers de silex bleu–noir, très serrés par endroits, qui donnent un aspect rubanné aux parois. Dès lors, la série est encore moins argileuse et plus résistante, quoique les bancs se débitent toujours en plaquettes. Certains niveaux calcaires sont un peu spathiques et siliceux. On voit encore des *Cancellophycus*, ainsi que des bélemnites. Cet épisode à lits de silex mesure 60 m d'épaisseur environ. Vers le haut, les silex se font plus rares, les calcaires fins plaquetés ou

marneux font place à des calcaires finement spathiques à patine jaune-rose, et les schistes, qui se débitent encore en aiguilles, ont une teinte bleu-verdâtre, cela sur quelque 20 m d'épaisseur. Dans les 5 m supérieurs, il y a déjà des bancs de calcaire porcelainé. Et en dessus apparaissent des niveaux grumeleux, d'abord gris, puis rouges, dont l'âge sera discuté plus loin, en tout cas postérieurs au Callovien.

Depuis l'apparition des lits de silex, les fossiles sont rares (sauf les bélemnites); l'affleurement est d'ailleurs très peu propice à la recherche; c'est plus au N, sur le versant E de la chaîne, dans le cirque rocheux du chalet En Lys, que j'ai trouvé les seules formes identifiables de ces couches à silex dans la région:

Reineckeia sp. ind.
Holcophylloceras mediterraneum (NEUM.)
Phylloceras sp. ind.

Le long de la chaîne des Verraux, cette série ne subit que quelques modifications d'épaisseur (fig. 6): sous les Courcys, les schistes de la base du Callovien ont une quinzaine de mètres d'épaisseur; ils ont livré un bel exemplaire de

Macrocephalites cf. *macrocephalus* (SCHLOTH.)

qui confirme l'âge attribué à ce niveau plus au N. La limite inférieure du Callovien établie par v. D. WEID à la Dent de Lys (= base de ce niveau schisteux) semble donc parfaitement valable ici également. La série alternante sans silex qui surmonte les schistes mesure 30 m d'épaisseur, et les couches à lits de silex 40 m. Ces deux dernières unités forment souvent de petites falaises; elles sont très pauvres en fossiles; la partie inférieure a livré, quelque 20 m au-dessus de l'apparition des silex:

Reineckeia cf. *anceps* (REIN.)
Holcophylloceras mediterraneum (NEUM.)
Lytoceras? sp. ind.

et les couches à lits de silex:

Choffatia (?) cf. *perdagata* (WAAG.)
Euaspidoceras? sp. ind.
Lytoceras sp. ind. 2 exempl.
Bélemnites très nombreuses.

Cette faune désigne la zone à *Reineckeia anceps*.

On remarque, dans les couches à lits de silex, de nombreux microplis et de petites discordances locales. Des schistes gris-bleuté qui se délitent en aiguilles, alternant, sur 15 m d'épaisseur, avec des calcaires siliceux fins ou spathiques contenant quelques lits et rognons de silex, séparent ces couches des niveaux grumeleux. La rareté des fossiles empêche de fixer avec précision la limite entre les zones à *M. macrocephalus* et à *R. anceps*. Toutefois, la *R.* cf. *anceps* mentionnée ci-dessus a été trouvée nettement au-dessous (15 m) des premiers lits de silex, de sorte que les couches à silex, tout au moins à la base, datent de cette zone; la partie sommitale est peut-être plus récente.

A la Dent de Jaman (fig. 7), au-dessus des bancs rouges de calcaire gréseux, des schistes marneux gris clair à patine jaunâtre, qui se délitent en aiguilles, contenant des bélemnites, des *Cancellophycus*, et de petits feuillets charbonneux, alternent avec des calcaires fins siliceux plaquetés, en une série assez compacte de 50 à 60 m d'épaisseur; en dessus, sans avoir vu un seul lit de silex, on trouve déjà les premiers

niveaux grumeleux. Dans cette série de schistes et calcaires plaquetés, L. SAUGY (1957) a recueilli:

«*Reineckeia anceps* var. *liffolensis* STEIN.
Perisphinctes subbackeriae D'ORB. 2 exempl.
Grossouvria sp. ind. 3 exempl.
Holcophylloceras mediterraneum (NEUM.)»

E. FAVRE & H. SCHARDT (1887, p. 86) donnent une liste de fossiles, datant du Bajocien au Callovien, récoltés sur les pentes de la chaîne de la Cape au Moine-Dent de Lys, sans indiquer précisément les niveaux de leur provenance.

Sur le flanc NW du synclinal de Naye, la route de Veytaux à Sonchaux découvre, entre les bancs rouges de calcaire gréseux et les niveaux grumeleux, une vingtaine de mètres de calcaire finement spathique ou grenu, siliceux, gris ou brun, en bancs épais (jusqu'à 80 cm), avec quelques traces de charbon, sans intercalations marneuses. Sans preuve paléontologique, je les attribue au Callovien.

Sur le flanc SE du même synclinal, le Callovien du ravin des Collondaires débute par le niveau à nodules phosphatés bruns, bélemnites et ammonites, de la zone à *M. macrocephalus*, déjà mentionné au sujet du Bathonien, niveau qui n'est pas présent partout. En dessus, sur 15 ou 20 m d'épaisseur, des bancs réguliers de 0,2–2 m de calcaires fins, finement spathiques ou grenus à lits et rognons de silex noirs et bélemnites, sans intercalations marneuses, forment le bas de la paroi. Aucun fossile caractéristique n'y a été trouvé; mais ces couches pourraient correspondre aux calcaires à lits de silex de la zone à *R. anceps* des Verraux.

Le Callovien de la région des Cases et du Pertuis d'Aveneyre a été étudié et daté de façon précise par A. JEANNET (1918, p. 491–497, 506–509): la présence de la zone à *M. macrocephalus* est indubitable; celle des autres zones du Callovien et de l'Oxfordien n'est nullement prouvée. Le profil du sentier du Pertuis n'est pas le plus caractéristique. Le schéma de la fig. 9 représente, entre autres, trois coupes relevées plus au N. Au-dessus du niveau à nodules phosphatés, on voit des calcaires finement grenus, gris-brunâtre, glauconieux, à rognons de silex, qui mesurent une dizaine de mètres d'épaisseur jusqu'à l'apparition des niveaux grumeleux, eux-mêmes bien typiques juste sous la Pointe d'Aveneyre (NW du sommet). Ces calcaires à silex appartiennent au Callovien ou à l'Oxfordien; ici aussi, ils pourraient correspondre à ceux des Verraux.

En direction du SW, le long de la chaîne des Monts d'Arvel, les niveaux repères s'estompent, les fossiles deviennent encore plus rares et la série moins précise. Sous la Pointe de Malatraix, les calcaires gréseux à auréole d'oxydation rouge bien typiques, à texture un peu plus grossière que ceux de la chaîne frontale des Verraux, sont surmontés, sur une dizaine de mètres, par des calcaires finement spathiques ou grenus, gris, à rognons de silex parfois très petits, et très nombreux par endroits. En dessus, on trouve suivant les coupes des calcaires bréchiques ou bréchoïdes à éléments porcelainés roses ou verts, glauconieux, ou des calcaires fins clairs de type Malm. Les calcaires grenus à silex représentent probablement le Callovien, comme le pensait JEANNET à cause de leur ressemblance avec ceux du «niveau de la citerne d'Aveneyre», et les calcaires bréchoïdes seraient les derniers vestiges du faciès argovien, qui disparaît complètement dans les régions plus internes.

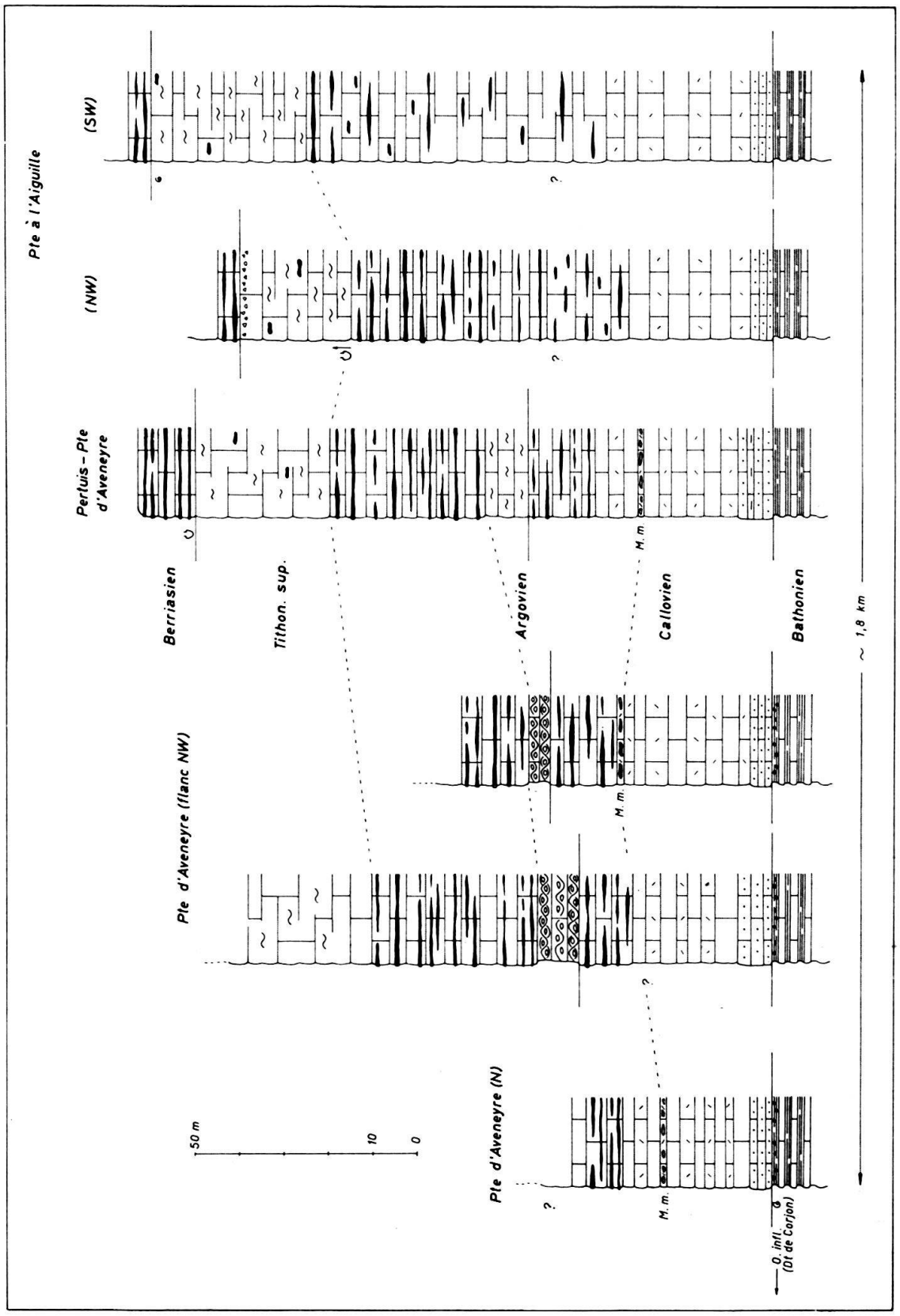


Fig. 9. Coupes schématiques du Callovien au Tithonique dans la région de la Pointe d'Aveneyre.

Le Sex de la Sarse, quoique très faillé, présente une série Dogger-Malm de 280 m d'épaisseur environ, la plus importante à l'E de l'Eau Froide avant la disparition du Dogger sous la transgression du Malm, dans le synclinal des Ruvines-Châble rouge. Les seuls niveaux datés sont le Bajocien et le Tithonique supérieur à calpionelles. Les fig. 5 et 15 sont des schémas de cette série; on y remarque la présence de plusieurs niveaux à coraux et à bryozoaires; les premiers niveaux à coraux, qui sont les plus remarquables par leurs polypiers silicifiés, apparaissent, dans le torrent de Nairecou, au pied de la paroi, à la cote 1380. Ces bancs s'amincissent très rapidement d'W en E. Ils surmontent des calcaires détritiques à grosses entroques et gravillons dolomitiques, qui ont livré plusieurs radioles d'oursins et débris de lamellibranches (*Pecten* ?).

Lorsque, depuis l'extrémité E du tunnel de la route, on descend en direction du SW le long du pied de la paroi, on suit bientôt une vire qui arrive, à la cote 1410, au sommet d'un petit à pic infranchissable dû à une faille; on se trouve alors sur une série de calcaires spathiques et détritiques, dont plusieurs niveaux à grosses entroques et gravillons dolomitiques, identiques à ceux qui ont fourni des radioles d'oursins dans le torrent de Nairecou; au sommet de cette série, immédiatement sous les calcaires grenus plus compacts qui forment la paroi, des calcaires détritiques beiges à grosses entroques ont livré trois *Pecten*, indéterminables. La tectonique de cette région est compliquée, et le caractère massif de la roche empêche presque toujours de voir le pendage des couches, encore masqué par les nombreuses diaclases. Il semble toutefois que l'on puisse reconstituer la série comme sur les schémas des fig. 5 et 15: les bancs à coraux et les calcaires détritiques à *Pecten* représenteraient peut-être le Callovien. Telle était déjà l'hypothèse de A. Jeannet (1918, p. 477).

Oxfordien et Argovien

Argovien	Zone à *Gregoryceras transversarium*
Oxfordien	2. Zone à *Cardioceras cordatum*
	1. Zone à *Quenstedtoceras mariae.*

Aucune des deux ammonites de zone de l'Oxfordien n'a été trouvée, à ma connaissance, dans les Préalpes médianes vaudoises ou fribourgeoises. D'autres espèces sont mentionnées, notamment par L. Horwitz (1922, 1940), qui semblent prouver l'existence de la zone à *Cardioceras cordatum* tout au moins en certains points de la zone frontale de la nappe (massif des Bruns).

Dans la région des Verraux-Dent de Jaman, on trouve, entre le Callovien et les calcaires du Malm moyen et supérieur, la série schématisée à la fig. 10. Les «couches noduleuses» ou «couches grumeleuses» représentent tout un complexe de roches diverses caractérisé par la présence de «calcaires noduleux».

La terminologie appliquée à ces couches est très variable et imprécise dans la littérature, sans doute en raison de la diversité des faciès que présentent ces curieux niveaux d'une couche à l'autre et d'une région à une autre. Les termes «noduleux» et «grumeleux» ont été discutés par E. Favre & H. Schardt (1887, p. 122). Celui de «couches noduleuses» est le plus fréquemment utilisé dans la littérature pour désigner cet ensemble.

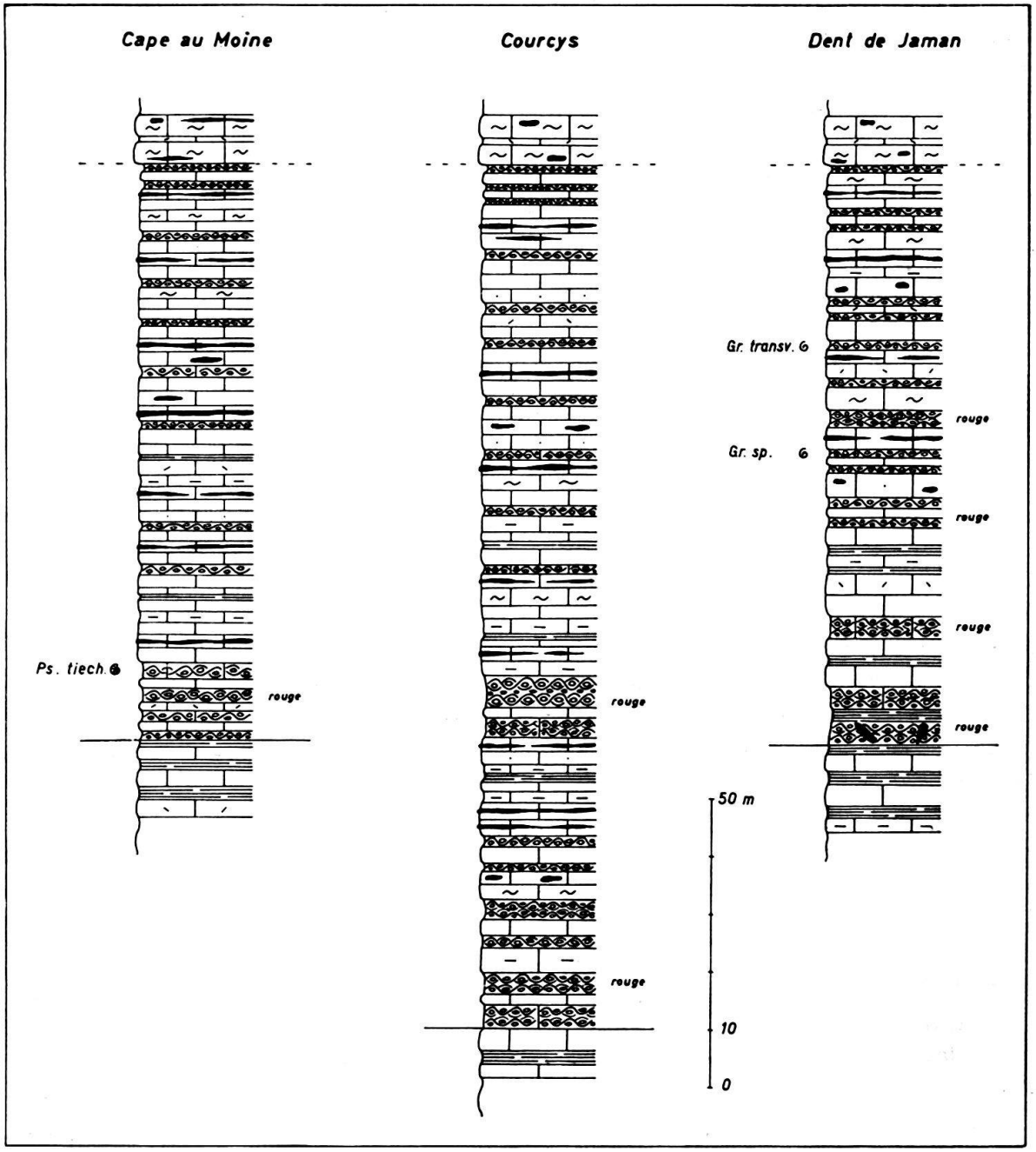


Fig. 10. Schéma du complexe à marnes grumeleuses dans la chaîne frontale.

Quel que soit le terme employé, on peut distinguer sur le terrain des niveaux facilement désagrégés et d'autres très résistants à l'érosion:

les marnes grumeleuses présentent dans une pâte marneuse ou argileuse de teinte grise, rouge, verte ou jaune, des grumeaux calcaires dont la forme et la taille sont variables d'une couche à l'autre, de «la grandeur d'une noisette à celle d'une noix». La composition et la texture des grumeaux varie aussi de l'un à l'autre au sein d'une même couche: calcaire marneux, calcaire porcelainé, calcaire grenu, spongolithe. Les marnes grumeleuses forment des niveaux relativement tendres que l'érosion creuse entre les bancs calcaires. La pâte marneuse est souvent réduite à de minces

joints entre les éléments calcaires, et le terme de calcaire noduleux est alors mieux approprié; on trouve évidemment tous les intermédiaires;

les calcaires bréchoïdes ou pseudobrèches se composent d'éléments calcaires, également de formes, de tailles, de teintes et de textures diverses, mais le plus souvent porcelainés, joints les uns aux autres par des sutures stylolithiques. Ils forment des bancs très résistants à l'érosion qui font saillie. Déjà présents parmi les couches noduleuses, ces calcaires ont leur développement maximum dans le Malm sus-jacent.

Dans une publication consacrée à la genèse des «calcaires noduleux» du «Calcare Ammonitico Rosso Superiore» (Kimmeridgien–Tithonique) du Monte Baldo, Alpes italiennes, R. HOLLMANN (1962) distingue des «calcaires noduleux s. str.» et des «calcaires madrés» («Fluser Kalke»), attribuant à chaque catégorie un mode de formation différent:

les «calcaires noduleux s. str.», syngénétiques, sont dus à l'alternance d'épisodes de dépôt de calcaire et de dissolution sous-marine de ces dépôts. Les joints argileux sont les résidus de la dissolution du calcaire, et les nodules sont les témoins de la couche calcaire préexistante épargnés par la dissolution;

les «calcaires madrés» doivent leur texture d'apparence noduleuse à un réseau de joints de dissolution (stylolithes) diagénétique causée par la pression. La composition du dépôt primaire aurait guidé cette dissolution, les noyaux les moins solubles s'individualisant et se soudant les uns aux autres.

Selon l'auteur, tout apport détritique est exclu de la formation des roches des deux catégories. Les «Flaserkalke» sont témoins d'une sédimentation continue. Au contraire, la genèse des calcaires noduleux suivant le mode exposé est essentiellement liée à une sédimentation discontinue: une série de calcaires noduleux comporte donc des lacunes, dont l'importance pourrait être déterminée à l'aide des données paléontologiques.

Ces deux formations semblent correspondre assez précisément à celles distinguées morphologiquement ci-dessus. Remarquons cependant que les épaisseurs des bancs de calcaire noduleux et de l'ensemble de la série envisagée sont nettement plus faibles dans le Malm supérieur du Monte Baldo que dans notre complexe grumeleux. D'autre part, la diversité de teinte et de texture des éléments de certains niveaux grumeleux ou bréchoïdes paraît peu compatible avec une origine commune in situ: il me semble que dans notre cas, il faut admettre une origine bréchique, tout au moins pour certains bancs. La transformation diagénétique des calcaires bréchoïdes se serait effectuée comme l'explique HOLLMANN.

Le complexe grumeleux, dont l'épaisseur varie de 80 m, au N de la Cape au Moine, à plus de 150 m sous les Courcys, puis diminue régulièrement vers le SE, 12 m à Plan d'Areine, 5 m. sous la Pointe d'Aveneyre, pour disparaître dans les Monts d'Arvel, est bien limité lithologiquement à la base par l'apparition des marnes grumeleuses et au sommet par le surplomb de gros bancs de calcaire bréchoïde sur le dernier niveau noduleux.

Comme l'ont remarqué FAVRE & SCHARDT (1887, p. 122–123), L. HORWITZ (1922, p. 312) et M. CHATTON (1947, p. 84–85), les différentes niveaux des «couches noduleuses» subissent des variations latérales de couleur et de faciès de sorte qu'il

n'y a pas moyen d'en établir un profil type quelque peu détaillé. Il s'agit d'une série variée, dans l'ensemble assez résistante à l'érosion (fig. 11). Calcaires fins et marnes grumeleuses y alternent, avec une nette prédominance des calcaires, surtout dans la partie supérieure. Dans le détail, ces calcaires sont divers; des calcaires finement spathiques ou grenus, siliceux, gris-brun clair, avec ou sans lits de silex, sont les plus fréquents; de gros bancs massifs (jusqu'à 2 m d'épaisseur) de calcaire bréchoïde et de calcaire porcelainé beige ou gris clair apparaissent en saillie, plus nombreux vers le haut; on voit encore des calcaires plaquetés à pâte porcelainée de même teinte claire, et de rares bancs de calcaire grossièrement spathique et microbréchique. Parmi les niveaux plus tendres et plus minces que l'érosion creuse entre ces bancs,

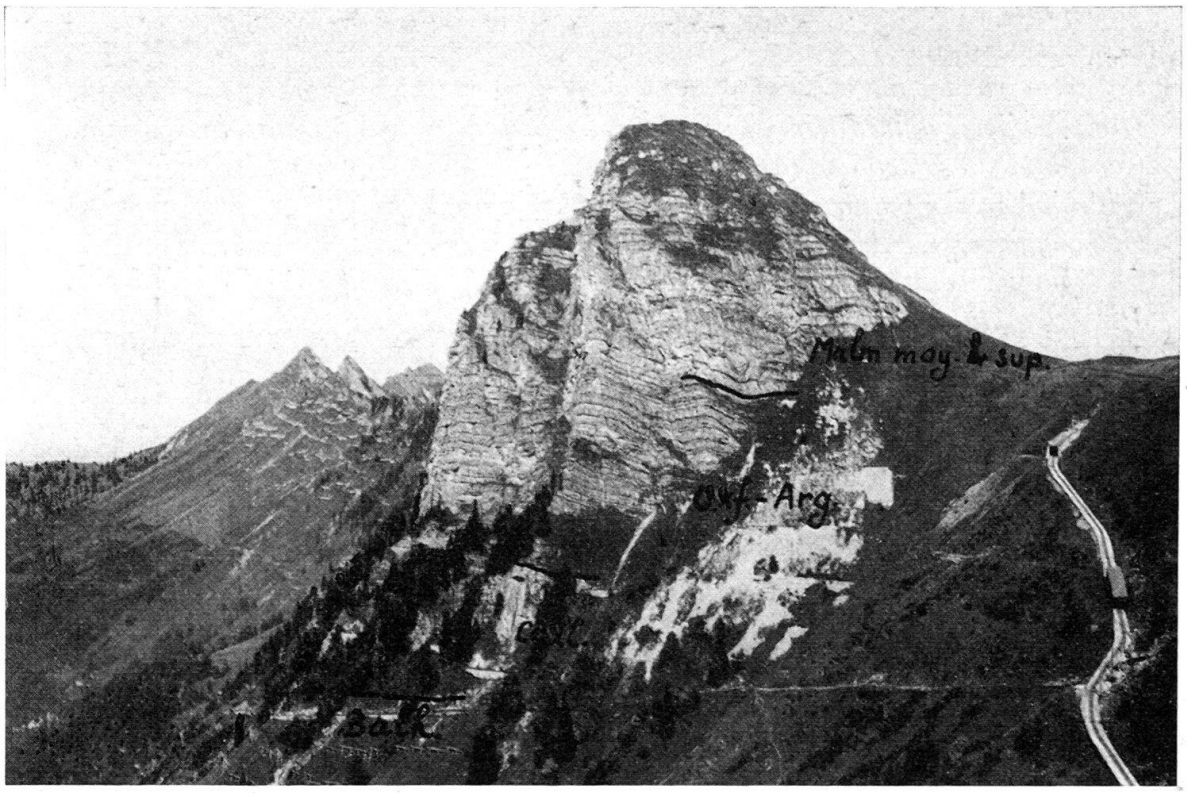


Fig. 11. La Dent de Jaman vue du SW.

par endroits jusqu'à former de véritables grottes (versant E de la chaîne des Verraux, flanc E de la Dent de Jaman), les plus importants sont les marnes grumeleuses et les calcaires noduleux fossilifères rouges, bleu-vert, jaunâtres ou gris; d'autres couches tendres montrent des calcaires argileux ou des schistes marneux ou argileux, parfois aussi colorés en rouge ou en gris-verdâtre.

Les marnes grumeleuses forment des couches assez épaisses (jusqu'à 3 m) à la base de la série, mais vers le haut, elles ne dépassent pas 50 cm d'épaisseur et sont en général bien plus minces. Les niveaux verts, gris ou jaunâtres se rencontrent dans tout le complexe, tandis que la couleur rouge n'apparait que dans la moitié inférieure; irrégulièrement répartie, elle affecte parfois des niveaux composés de plusieurs couches successives de faciès différents. Sous la Cape au Moine, un seul de ces

niveaux rouges apparaît vers le haut du complexe; sous les Courcys, on en voit deux, distants d'une trentaine de mètres en épaisseur, et qui se multiplient vers le S; sous la Dent de Jaman, on peut distinguer quatre niveaux rouges.

Les nombreux fossiles récoltés sur la pente des Verraux sont pour la plupart des *Phylloceratidae* peu caractéristiques; les rares ammonites plus typiques d'une zone sont si dispersées qu'il n'a pas été possible de fixer de limites précises.

Niveau grumeleux gris de base, niveau rouge unique sous la Cape au Moine et niveau rouge inférieur sous les Courcys:

Pseudogregoryceras cf. *tiechei* JEANNET	
Euaspidoceras sp. ind.	
Cardioceratidae gen. ind.	
Perisphinctes s. l. sp. ind.	
Lissoceras sp. ind.	
Sowerbyceras tortisulcatum (D'ORB.)	nombreux exempl.
Holcophylloceras mediterraneum (NEUM.)	nombreux exempl.
Calliphylloceras demidoffi (ROUSS.)	
Calliphylloceras manfredi (OPP.)	
Calliphylloceras antecedens POMP.	
Calliphylloceras sp. ind.	
Ptychophylloceras cf. *jaraense* (WAAG.)	
Ptychophylloceras cf. *insulare* WAAG.	
Ptychophylloceras sp. ind.	
Lytoceras cf. *polyanchomenum* (GEMM.)	
Hibolites hastatus (BLAINV.)	
Inoceramus oosteri FAVRE	2 exempl.
Collyrites sp. ind.	
Oursins indéterminables.	

Niveau rouge supérieur sous les Courcys:

Peltoceratoides cf. *aegoceroides* (WAAG.)	
Peltoceras s. l. sp. ind.	
Properisphinctes bernensis (DE LOR.)	
Perisphinctes s. l. sp. ind.	
Lissoceras cf. *rollieri* (DE LOR.)	
Sublunuloceras ? sp. ind.	
Sowerbyceras tortisulcatum (D'ORB.)	nombreux exempl.
Holcophylloceras mediterraneum (NEUM.)	nombreux exempl.
Calliphylloceras cf. *ovale* POMP.	
Ptychophylloceras ? sp. ind.	2 exempl.
Pseudaganides cf. *franconicus* (OPP.)	
Hibolites hastatus (BLAINV.)	
Oursins indét. (écrasés).	

Aucun de ces fossiles ne date exclusivement de l'Argovien. Au contraire, *Pseudogregoryceras tiechei* JEANNET, *Properisphinctes bernensis* (DE LOR.), *Lissoceras rollieri* (DE LOR.) et *Calliphylloceras antecedens* POMP. semblent caractéristiques de l'Oxfordien et sont mentionnés de la zone à *Cardioceras cordatum*. Relevons encore

que G. HENNY (1918, p. 32) signale plusieurs exemplaires de *Properisphinctes bernensis* provenant du «niveau rouge inférieur» de Pierra Percia (N de la Cape au Moine).

Niveaux verts, jaunes et gris de la moitié supérieure du complexe à marnes grumeleuses, chaîne Cape au Moine-Verraux:

Euaspidoceras sp. ind. (cf. *oegir* (OPP.))	
Euaspidoceras ? sp. ind.	
Perisphinctes cf. *plicatilis* (SOW.)	
Perisphinctes cf. *aeneas* (GEMM.) *var. plana* (SIEM.)	
Perisphinctes cf. *depereti* DE RIAZ	
Orthosphinctes cf. *birmensdorfensis* (MOESCH)	
Perisphinctes s. l. sp. ind.	
Taramelliceras callicerus (OPP.)	
Taramelliceras s. l. sp. ind.	
Lissoceras erato (D'ORB.)	4 exempl. (2 incertains)
Lissoceras sp. ind.	
Sowerbyceras tortisulcatum (D'ORB.)	*innombrables*
Holcophylloceras mediterraneum (NEUM.)	7 exempl.
Calliphylloceras demidoffi (ROUSS.)	3 exempl.
Calliphylloceras cf. *ovale* POMP.	
Calliphylloceras sp. ind.	
Phylloceras cf. *isotypum* (BEN.)	
Lytoceras orsinii (GEMM.)	
Lytoceras sp. ind.	
Lamellaptychus sp. ind.	
Collyrites ? sp. ind.	

Niveaux verts au S du plus petit des deux anciens lacs de Jaman (564,750/144, 020) et flancs S et W de la Dent de Jaman:

Gregoryceras cf. *transversarium* (QUENST.)[1]	
Gregoryceras sp. ind. (cf. *transversarium* (QUENST.))	
Gregoryceras sp. ind.	
Euaspidoceras cf. *tietzei* (NEUM.)	
Euaspidoceras cf. *helymense* (GEMM.)	
Clambites cf. *rotari* OPP.	
Perisphinctes s. l. sp. ind.	nombreux exempl.
Strebliticeras cf. *externnodosum* (DORN)	
Lissoceras sp. ind.	
Sowerbyceras tortisulcatum (D'ORB.)	nombreux exempl.
Holcophylloceras mediterraneum (NEUM.)	nombreux exempl.
Calliphylloceras manfredi (OPP.)	3 exempl.
Phylloceras sp. ind. (aff. *saxonicum* NEUM.)	3 exempl.
Lytoceras cf. *orsinii* (GEMM.)	3 exempl.

[1]) Le Musée géologique cantonal de Lausanne possède un bon échantillon de *Gr. transversarium* (QUENST.) (No. 3850), provenant du «Lac de Jaman» (même gisement ?).

Ces ammonites sont bien typiques de la zone à *Gregoryceras transversarium*. Il semble donc que les «couches noduleuses» comprennent ici dans leur moitié inférieure l'Oxfordien supérieur, puis dans la moitié supérieure l'Argovien, la limite passant au-dessus des niveaux rouges. E. Favre (1887) avait déjà exprimé cette opinion. La partie sommitale de ce complexe pourrait être plus récente encore; cependant, le dernier niveau grumeleux n'a pas livré de fossile caractéristique qui permette de l'affirmer, mais une faune peu significative, plutôt semblable à celle du reste du complexe:

Niveau grumeleux vert supérieur, chaîne des Verraux:

Perisphinctes s. l. sp. ind.	
Sowerbyceras tortisulcatum (d'Orb.)	nombreux exempl.
Holcophylloceras mediterraneum (Neum.)	nombreux exempl.
Calliphylloceras manfredi (Opp.)	
Lytoceras orsinii (Gemm.)	
Oursins indéterminables	

Niveau grumeleux vert supérieur, N de la Dent de Jaman:

Euaspidoceras sp. ind.
Perisphinctes s. l. sp. ind.
Trimarginites sp. ind.
Sowerbyceras tortisulcatum (d'Orb.)
Calliphylloceras manfredi (Opp.)

L'épaisseur du complexe à marnes grumeleuses diminue rapidement vers le SE. Sur le flanc NW du synclinal de Naye, on voit encore des marnes grumeleuses rouges et vertes jusqu'à la route Caux-Sonchaux. Leur épaisseur est réduite à quelque 15 m. Au bord de la route Veytaux-Sonchaux, on n'en voit plus que 3–4 m, la couleur rouge a disparu.

Sur le flanc SE du synclinal également, on constate un amincissement en direction du Lac Léman; le faciès des marnes grumeleuses et surtout des calcaires noduleux verts, rarement rouges, ne se montre que sur 12–14 m d'épaisseur dans la région de Plan d'Areine et mesure 5 m dans la coupe des Collondaires. Cet amincissement est sans doute d'origine tectonique aussi bien que stratigraphique: en effet, dans le fond du synclinal, à l'E de Grandchamp, le faciès des calcaires grumeleux et noduleux rouges et gris à bélemnites et ammonites est bien développé (A. Jeannet, 1918, p. 552).

Sous la Pointe d'Aveneyre, on trouve 5 m de calcaires noduleux verts, qui ont livré:

Perisphinctes s. l. sp. ind.
Lissoceras ? sp. ind.
Sowerbyceras tortisulcatum (d'Orb.)
Bélemnites

Ce faciès disparaît vers le SW, et au-delà de Malatraix l'alternance calcaires-schistes du Dogger passe aux calcaires du Malm sans épisode noduleux.

Malm moyen et supérieur

(Séquanien – Kimmeridgien – Tithonique).

Au-dessus du complexe à marnes grumeleuses, les calcaires plus compacts du Malm moyen et supérieur forment la crête escarpée des chaînes de montagnes. A la difficulté d'accès s'ajoute la rareté des fossiles utilisables. Ces niveaux ne sont pas stériles, ils contiennent de petites ammonites et des bélemnites, mais ces fossiles sont si intimement liés à la roche qu'il est impossible de les dégager au burin; même l'érosion les use sans les libérer. La microfaune fournit certains points de repère. H. Weiss (1949) l'a étudiée dans l'ensemble du Malm des Médianes et K. Boller (1963) à la limite Malm-Crétacé et dans le Néocomien.

Si la question de la normalisation de la nomenclature des étages Séquanien, Kimmeridgien et Tithonique entre les divers bassins riches en ammonites semble se résoudre (A. Guillaume & G. Mascle, 1962; R. Enay, 1963), la subdivision du Malm est encore problématique dans les Préalpes médianes. Les observations effectuées au cours de cette étude ne se prètent pas à l'élaboration d'une synthèse. Seuls seront donc signalés les éléments positifs ou nouveaux qu'elles apportent.

Dans la chaîne des Verraux-Dent de Jaman, les dernières couches de marnes grumeleuses sont surmontées par deux gros bancs (2–4 m chacun) de calcaire bréchoïde à rognons de silex et bélemnites, séparés par 1–1,5 m de calcaire spathique moins résistant. Ces deux bancs réguliers, formant saillie, se retrouvent tout le long de la chaîne et constituent une bonne limite lithologique. Ils sont à la base d'une série d'une centaine de mètres d'épaisseur de calcaires clairs. La prochaine limite lithologique suffisamment constante pour permettre la corrélation d'une coupe à l'autre est l'apparition, parmi de petits bancs de calcaire porcelainé gris-jaunâtre tacheté à rognons de silex, de minces couches de schistes argileux foncés, faciès caractéristique du Néocomien.

Les calcaires du Malm présentent des textures très variées: calcaires bréchoïdes, bréchiques ou microbréchiques, spathiques, porcelainés, avec des rognons et des lits de silex irrégulièrement répartis dans toute la série. Les teintes sont généralement très claires, grises ou beiges, avec parfois des éléments roses ou brunâtres dans les calcaires bréchiques et bréchoïdes. Ces faciès sont sujet à des variations latérales qui empêchent les corrélations entre les diverses coupes. La fig. 12 représente schématiquement les coupes des Courcys et de la Dent de Jaman. Relevons l'apparition des calcaires à calpionelles tout au sommet de la Dent de Jaman, qui prouvent la présence du Tithonique, contrairement à l'interprétation de Favre & Schardt (1887, p. 141). Les autres organismes microscopiques ne sont pas suffisamment caractéristiques, ni mon échantillonnage assez serré pour permettre de subdiviser ce Malm. On observe des clypéines (*Clypeina* cf. *jurassica* F. & R.) à plusieurs niveaux, dans la moitié supérieure de la série. Au Moléson (coupe de Trémetta), J. v. d. Weid (1961, p. 592–595) en a trouvé dans le premier banc épais de calcaire compact au-dessus des couches noduleuses. Sur la base de cette découverte ainsi que la répartition quantitative des *Saccocoma* Ag., l'auteur fribourgeois considère cette limite lithologique comme le début du Kimmeridgien, et attribue au Séquanien (= zone à *Epipeltoceras bimammatum*) la partie supérieure des couches noduleuses.

Dans le synclinal de Naye, les coupes effectuées le long des routes de Caux-Sonchaux et Veytaux-Sonchaux, discontinues, et celle de Collondaires-Sautodoz (fig. 13) n'apportent pas matière à une synthèse cohérente.

Les fig. 9 et 14 représentent des profils relevés dans la chaîne des Monts d'Arvel entre Montérel et Roche. Dans la région du Pertuis et de la Pointe d'Aveneyre, l'apparition et la disparition des lits à rognons de silex fournissent des limites lithologiques bien distinctes comme l'a signalé Jeannet. Les calpionelles permettent de

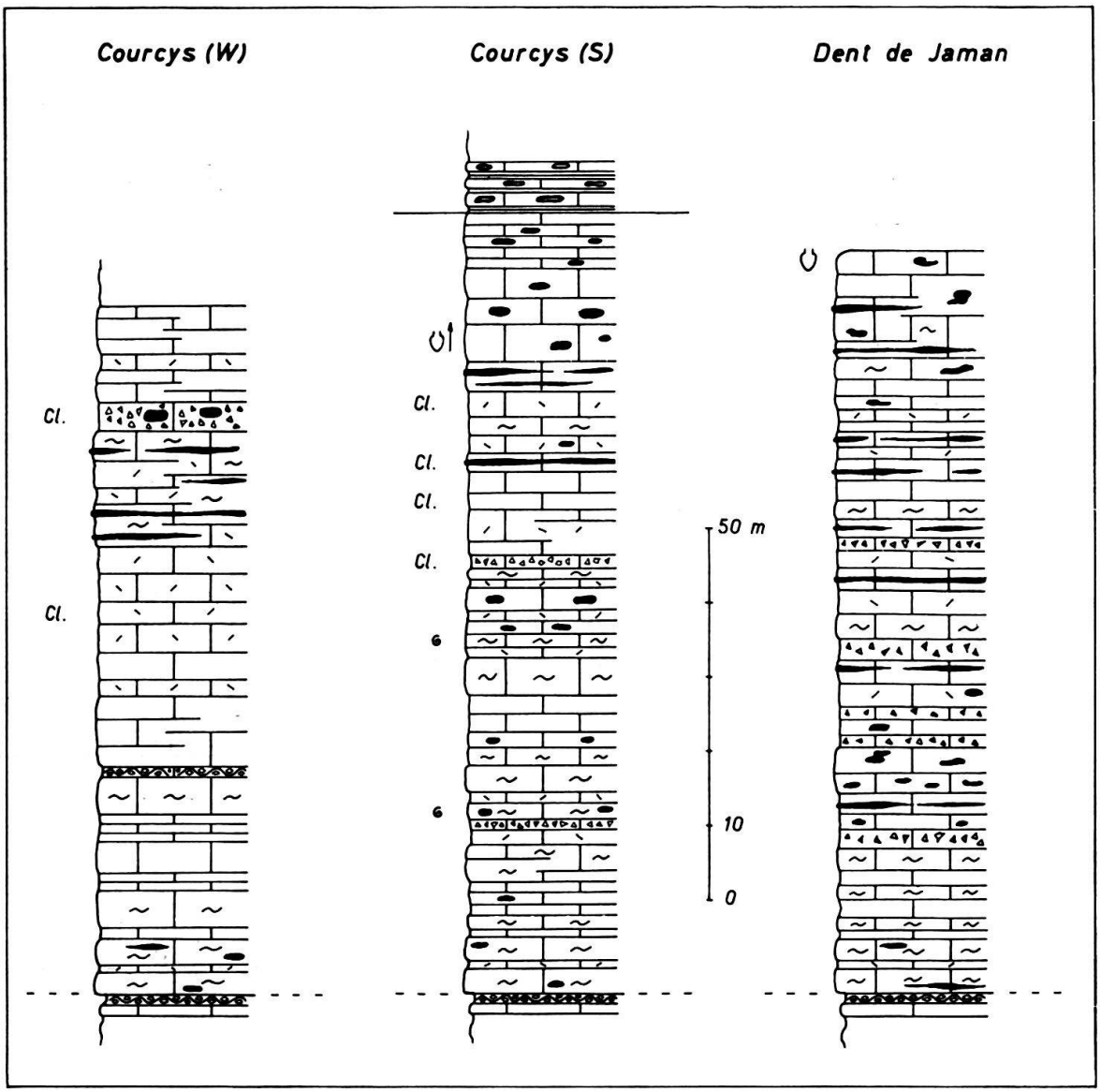


Fig. 12. Coupes schématiques du Malm moyen et supérieur des Courcys et de la Dent de Jaman.

préciser que les gros bancs calcaires, entre les deux zones à lits de silex réguliers, appartiennent au Tithonique supérieur, et que le Berriasien commence à la base de la zone supérieure à lits de silex, ou légèrement en dessous. Le sommet de la Pointe d'Aveneyre est donc dans les calcaires à silex de ce dernier étage.

Vers le SW, la lithologie de la série perd de sa diversité; les silex disparaissent complètement entre le haut des Combes du Pissot et Roche. Une coupe horizontale effectuée entre Pare Blanche et l'Eau Froide montre en effet que le faciès du Dogger,

calcaires finement grenus gris-bruns alternant avec des schistes à *Cancellophycus*, passe aux calcaires porcelainés et parfois un peu oolithiques du Malm par l'intermédiaire de quelques bancs de calcaires détritiques gréseux.

Du NE au SW de la chaîne des Monts d'Arvel, le Néocomien qui coiffe le Malm diminue d'épaisseur, puis disparaît au N de Malatraix (v. K. Boller, 1963, p. 82): au Pont d'Egre, et en dessous le long de l'Eau Froide, les Couches rouges du Turonien reposent directement sur les calcaires fins à calpionelles du Tithonique supérieur.

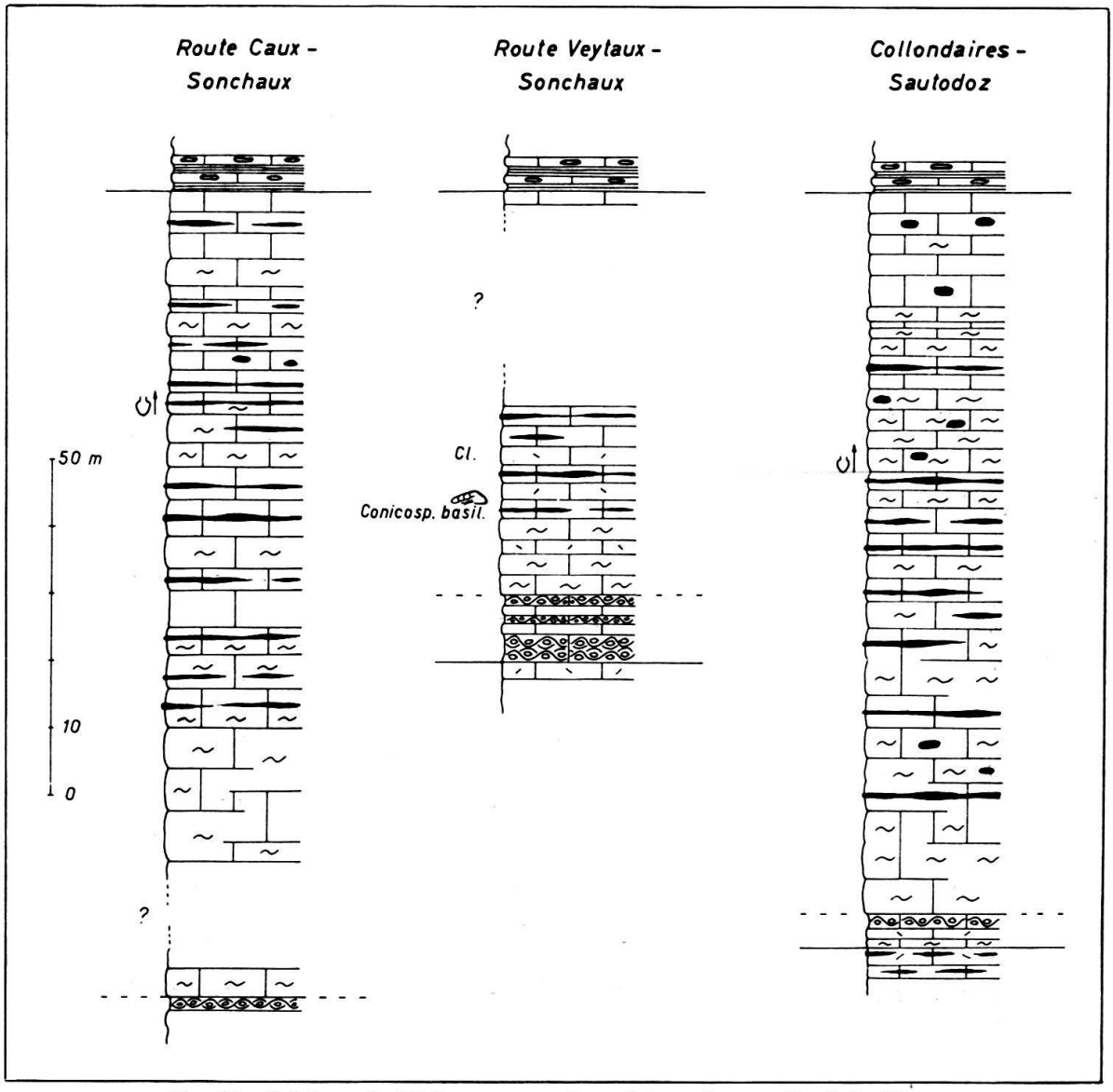


Fig. 13. Schéma du Malm moyen et supérieur du synclinal de Naye.

Dans la série du Sex de la Sarse (fig. 5 et 15), on remarque un épisode de quelque 40 m d'épaisseur où dominent des calcaires oolithiques bruns. Plusieurs niveaux montrent des grains arrondis de 1–3 mm de diamètre qui n'ont pas précisément la structure oolithique mais pourraient être plutôt de petites oncolithes; ce niveau correspondrait ainsi à celui de la base du Malm de la région de Dréveneuse, rive gauche du Rhône, attribué au Séquanien (v. H. Badoux, 1962, p. 22). En dessus, les calcaires massifs du Malm supérieur, oolithiques au sommet, sont gris très clair,

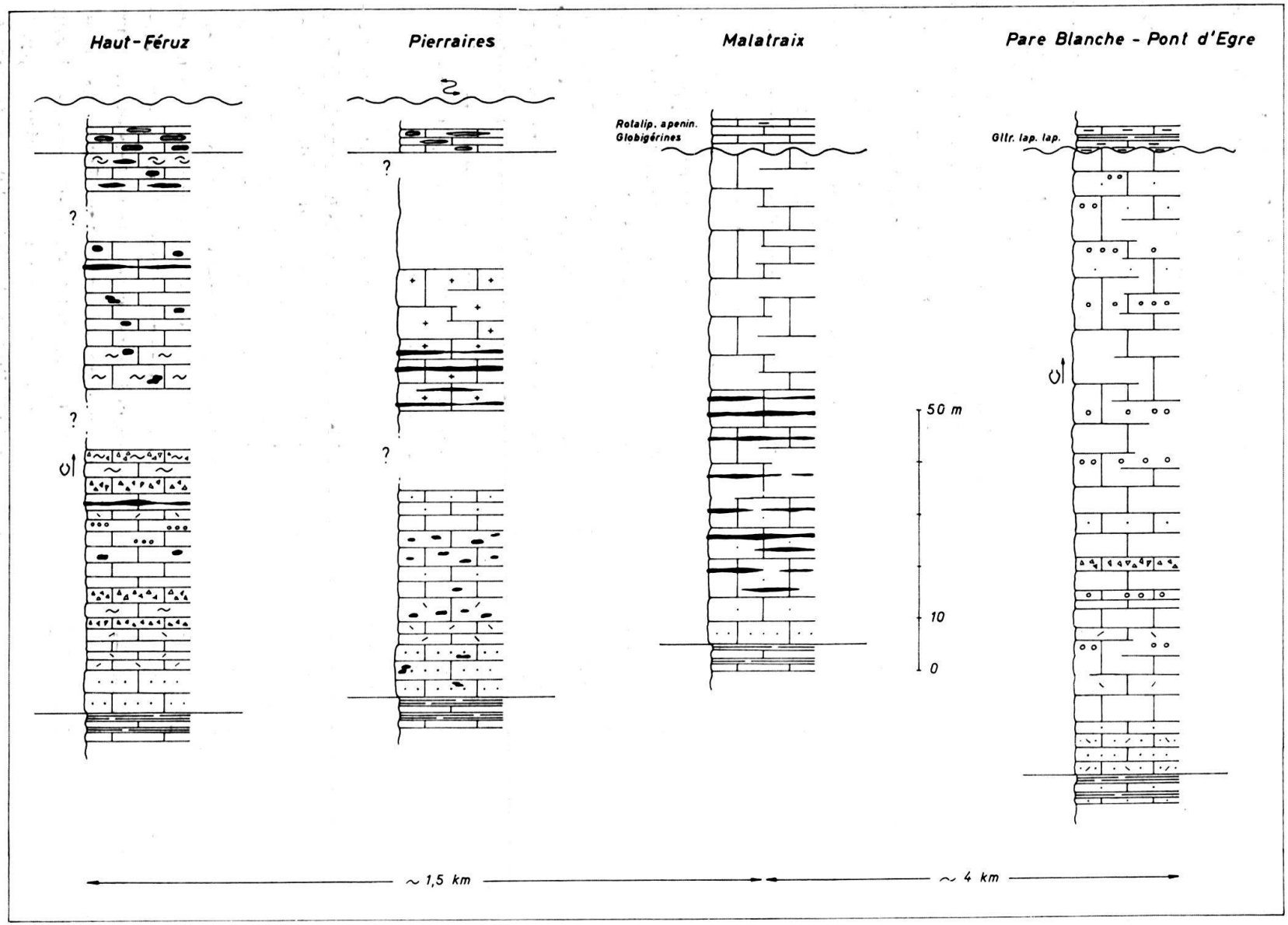


Fig. 14. Coupes schématiques du Malm dans la chaîne du Mont d'Arvel.

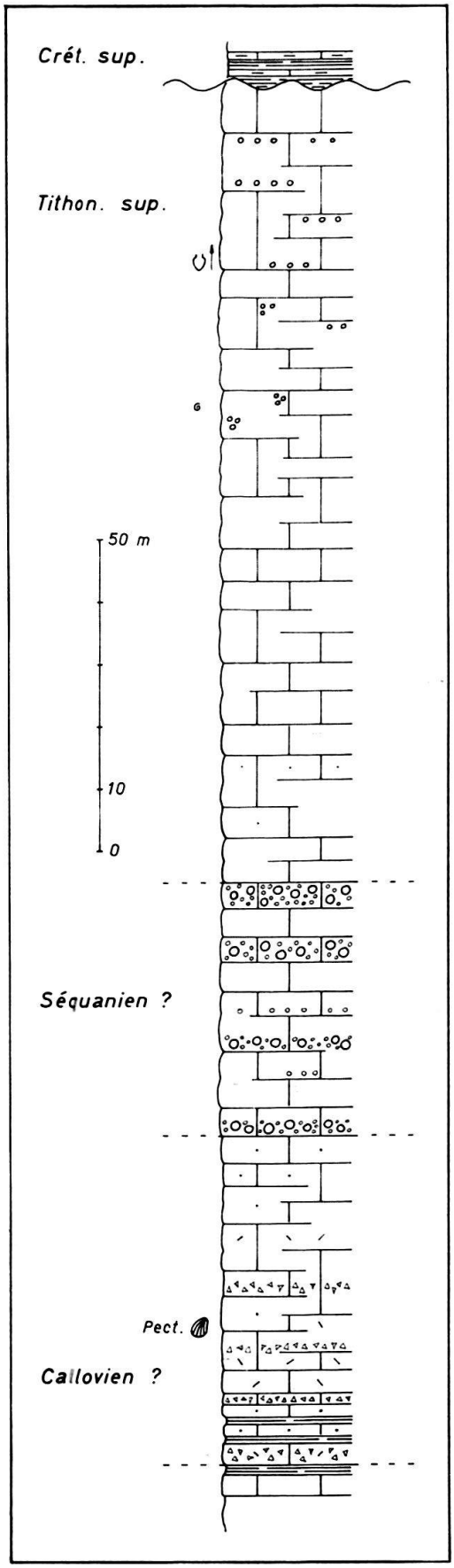


Fig. 15. Schéma du Malm de la Sarse.

presque blancs. On y voit par endroits des embryons d'ammonites. La transgression des Couches rouges atteint presque partout les calcaires à calpionelles du Tithonique supérieur, et le Néocomien manque. Seul le Berriasien inférieur apparaît en un point, aux Ruvines (v. K. Boller, 1963, p. 83–84).

Dès l'extrémité inférieure du tunnel de la Sarse, la route qui descend des Agites à Luan traverse les Couches rouges du synclinal des Ruvines, très pincé entre les calcaires du Malm du Sex de la Sarse et du Sex des Nombrieux. Déjà dans le flanc SE de ce synclinal, au bord de la même route, 500 m au S de la sortie du tunnel, le Malm repose en transgression sur le Lias (généralement sur le Sinémurien, lequel a disparu de ce point précis par étirement, de sorte que le Malm est au contact de l'Hettangien, v. A. Jeannet, 1913, p. 337): calcaires fins ou finement spathiques gris sombre, un peu quartzeux, à rognons de silex, en bancs bien lités alternant avec des schistes marneux. Ces couches forment des pentes relativement douces au pied des parois de calcaires massifs du Malm; celui-ci débute par un calcaire finement détritique, spathique, quartzeux, brun, puis vers le haut la pâte devient plus fine, souvent oolithique.

La discordance angulaire, peu évidente dans cette région, devient remarquable au pied NW des Tours d'Aï. A. Jeannet et H. Weiss ont étudié en détail cet anticlinal et le synclinal de Leysin, où le Malm se présente en une série monotone de calcaires massifs bruns à la cassure, tantôt fins, tantôt oolithiques, avec des niveaux plus détritiques et spathiques. La résolution des nombreux problèmes que pose encore ce Malm nécessite une étude de détail approfondie que je ne pouvais entreprendre actuellement.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES, CORRÉLATIONS, HYPOTHÈSES.

Bajocien

Dans la région frontale de la nappe, le faciès profond marneux et calcaire du Lias supérieur se poursuit à travers tout le Bajocien; la limite peut être précisée en certains points grâce aux ammonites, et correspond par endroits au sommet d'une zone plus argileuse, qui représente la partie supérieure de l'Aalénien. Mais les critères lithologiques seuls ne permettent pas d'attribuer de petits affleurements sans fossiles à l'un de ces étages plutôt qu'à l'autre.

Les dépôts de tout le Bajocien indiquent une diminution de profondeur de la mer à mesure que l'on s'éloigne de la région frontale: dès la rive droite de la Tinière, des calcaires spathiques remplacent en partie les calcaires marneux de Soladier, et les niveaux oolithiques se multiplient, comme c'est le cas, parallèlement, à la Chaudanne, versant E de l'anticlinal de la Tinière (J. P. SCHUMACHER, 1926, p. 43); enfin, entre Roche et Corbeyrier, le faciès néritique des «Couches de Vervine» apparaît au-dessus d'un Lias supérieur spathique et siliceux, et représente le terme le plus «interne» du Dogger à *Cancellophycus* avant la transgression du Malm sur le Lias. La série de Nairecou ressemble beaucoup à celles que décrivent E. PETERHANS à la Dent d'Oche (1926, p. 226) et H. BADOUX à la Chaumény (1962, p. 16).

Bathonien

Plusieurs changements lithologiques distinguent le Bathonien du Bajocien dans la région frontale vaudoise. Le plus constant, sinon le plus évident partout, est l'apparition, au-dessus d'un Bajocien supérieur à dominance calcaire, d'un faciès plus marneux: ce changement est bien visible sur le flanc N de l'arête de Soladier. Le même phénomène a été remarqué dans le massif de la Hochmatt par C. CHENEVART (1945, p. 80).

L'apparition de bancs de calcaire spathique gréseux à auréole d'oxydation rouge, en intercalations dans la série marneuse, coïncide dans la zone externe, au NW d'une ligne allant des Verraux à la Dent de Broc, avec le sommet des couches à *N. tripartitum*. La base de ces bancs rouges a été choisie, de ce fait, et parce qu'elle constitue une limite lithologique évidente, comme limite Bajocien-Bathonien par les géologues fribourgeois qui ont cartographié cette région. Sous les Courcys, ces bancs apparaissent également juste au-dessus des couches à *N. tripartitum* et sont présents dans la majeure partie du Bathonien. Mais lorsqu'on quitte la zone frontale, cette limite se déplace dans le temps: sous la Dent de Jaman déjà, les bancs rouges de calcaire spathique gréseux sont groupés sur une vingtaine de m au sommet de l'étage et ont même été considérés comme base du Callovien par certains auteurs (HENNY, 1918, interprétation corrigée par JEANNET 1918, p. 587, note infrapaginale; JEANNET 1918). Il en est de même dans le synclinal de Naye; sur les deux versants de la vallée de la Tinière, ils apparaissent juste au-dessous du «niveau à nodules phosphatés» de la zone à *M. macrocephalus*. Ils diminuent progressivement d'épaisseur en direction du SE, et disparaissent, en tant que niveau repérable, entre Malatraix et Roche. On retrouve par endroits des bancs très semblables à la base des calcaires massifs du Malm, et notamment en intercalations dans la partie supérieure de la série marneuse du torrent de Nairecou.

En dehors de la région étudiée ici, plusieurs auteurs ont également remarqué que la position stratigraphique de ces couches varie selon les endroits (J. P. SCHUMACHER,

1926, p. 42; M. CHATTON, 1947, p. 74; J. SPOORENBERG, 1952, p. 54). Dans la zone frontale (Dent de Lys, Moléson), les bancs rouges de calcaire gréseux apparaissent dès le Bathonien inférieur daté (L. PUGIN, J. v. D. WEID); au SW de Charmey (coupe du Motélon), M. CHATTON décrit de tels bancs dans le Bathonien et dans le Callovien bien datés (p. 62–72). Quelque 2 km à l'E, à la Fulateyre, flanc SE du synclinal de la Dent de Broc, ils sont caractéristiques du Callovien; puis ils disparaissent vers le SE. A la Dent de Corjon, sur le flanc NW de l'anticlinal de la Tinière, G. FAVRE (1952, p. 74) décrit, dans un Callovien marneux fossilifère et daté, des calcaires gréseux identiques.

Ces bancs gréseux rouges si bien repérables ne sont donc pas liés à un étage, mais fournissent au contraire un exemple de migration de faciès.

La formation de ces bancs pose un problème: il est curieux en effet de trouver, en intercalations dans une série à dominance marneuse, apparemment plus profonde que celle du Bajocien, des bancs d'un faciès nettement plus néritique aussi constants et aussi souvent répétés. Ils ont été engendrés de toute évidence par un phénomène rythmique. De quel phénomène s'agit-il? L'hypothèse qui me paraît la plus satisfaisante est la suivante:

sur la bordure inclinée du bassin de sédimentation s'accumulent des matériaux terrigènes; le poids de ces dépôts augmente en fonction de leur épaisseur jusqu'au point où cette masse devient instable sur son plan incliné: il suffit alors d'une secousse sismique pour rompre l'équilibre et mettre en mouvement ces sédiments; le glissement provoque de violents courants qui entraînent ces matériaux néritiques jusque dans le domaine de sédimentation des marnes et calcaires fins marneux. Ainsi s'expliqueraient la présence de toutes sortes d'éléments fracturés (grains oolithiques, coquilles, etc.), la surface irrégulière de la base des bancs rouges, le «graded bedding» observé dans plusieurs niveaux et la répétition de ces dépôts néritiques dans une série marneuse.

L'apparition des bancs rouges implique une modification du relief sous-marin en bordure du bassin (v. interprét. p. 60); mais les matériaux qui les constituent ont en quelque sorte «migré» et ces bancs ne doivent pas forcément être considérés comme témoins d'une diminution de profondeur de la mer dans la zone où ils se sont sédimentés finalement: la mer semble avoir au contraire augmenté de profondeur du Bajocien au Bathonien dans la région frontale.

Les lentilles isolées de calcaires graveleux et pseudoolithiques auraient une origine comparable.

Les calcaires oolithiques, pratiquement absents de la région frontale, se multiplient progressivement vers le SE. Ils apparaissent dans le Bajocien supérieur et s'intercalent dans tout le Bathonien de la vallée de la Tinière. A la Sarse, le caractère néritique s'accentue, les calcaires oolithiques sont parsemés de débris dolomitiques et alternent avec des calcaires détritiques grenus. L'étage Bathonien n'est pas individualisé; mais l'épaisseur du Dogger tout entier est extrêmement réduite par rapport à ce qu'elle était dans la vallée de la Tinière.

Callovien, Oxfordien, Argovien

Dans la zone frontale, la sédimentation semble tout à fait continue entre le Bathonien et le Callovien, et la partie inférieure de ce dernier étage, zones à *M.*

macrocephalus et à *R. anceps*, est bien datée. La présence de l'Argovien, zone à *Gr. transversarium*, est bien certaine aussi, dans la partie supérieure du complexe à marnes grumeleuses. Mais entre ces deux zones de repère, la stratigraphie pose des problèmes. On peut dégager, des observations de terrain et des indications de la littérature, les trois points suivants:

1) Le Callovien supérieur et l'Oxfordien sont paléontologiquement très mal reconnus dans les Préalpes médianes: de rares *Peltoceras athleta* sont mentionnés, provenant du massif des Bruns (*P. athleta* jeune, v. L. Horwitz, 1940, p. 58–59) et du Lac noir (Musée de Berne, v. Alb. Heim, 1921, p. 615 et Tabl. IV, p. 614–615). Un seul *Q. lamberti* est cité par A. Heim (id., p. 618 et Tabl. V, p. 622–623) du Simmental. Aucune des deux ammonites de zone de l'Oxfordien n'a été trouvée dans la région étudiée ni, à ma connaissance, dans les Préalpes médianes fribourgeoises. D'autres ammonites moins caractéristiques sont signalées: la zone à *Q. mariae* est vraisemblablement représentée dans les niveaux grumeleux inférieurs du massif des Bruns (L. Horwitz, 1918, 1922, 1940); la zone à *C. cordatum* existe également en certains points: Simmental, au-dessus des couches à *Mytilus* (F. Rabowski, 1918; A. Heim, 1921, p. 618), massif des Bruns (Horwitz), Verraux?, à la base du complexe grumeleux. Les preuves de l'existence de dépôts du Callovien supérieur et de l'Oxfordien inférieur sont donc très rares par rapport aux autres étages, et elles font totalement défaut dans la plus grande partie des Préalpes médianes.

2) Les descriptions de R. Hollmann (v. p. 39) et les illustrations montrant l'état de conservation des ammonites et les surfaces des bancs noduleux frappent par la ressemblance des calcaires noduleux du «Calcare Ammonitico Rosso Superiore» du Monte Baldo et du complexe étudié ici. Si l'on adopte le mode de formation proposé par R. Hollmann (le dépôt primaire étant détritique ou non), la genèse des calcaires noduleux implique des lacunes de sédimentation, qui peuvent être assez importantes pour justifier de brusques changements de faune fossile.

3) L'apparition des bancs noduleux au-dessus de la puissante série marno-calcaire du Dogger constitue une limite lithologique remarquable dans tous les profils de la zone frontale. Tout au long de la chaîne des Verraux, le Callovien (inférieur) sous-jacent se compose de deux parties: une partie inférieure marneuse et calcaire, et une partie supérieure plus compacte bien caractérisée lithologiquement par de nombreux lits de silex réguliers. Or au S du Col de Jaman, sous la Dent, les premiers bancs grumeleux reposent directement sur la partie inférieure marneuse, les silex manquent totalement. Il en est de même dans le flanc NW du synclinal de Naye, mais les lits de silex reparaissent sur l'autre flanc du synclinal et au Pertuis d'Aveneyre. De plus, comme l'avait remarqué G. Henny (1918, p. 27), les premiers niveaux noduleux renferment de nombreux éléments («grands blocs») de silex, disposés de façon désordonnée. Ce phénomène s'observe notamment sur la crête E de la Dent de Jaman, cote 1615, au-dessus du sentier qui conduit de l'ancien Lac de Jaman à la station du même nom (train des Rochers de Naye).

Ces considérations semblent se compléter: la dissolution sous-marine n'a certainement pas agi avec la même rapidité ni les courants qui la provoquaient avec la même force partout en même temps. Il est possible qu'un important épisode de «dissolution» ait eu lieu à la fin de l'Oxfordien, attaquant par endroits tous les dépôts de l'étage; ou plus simplement, les courants ont peut-être empêché la formation de

dépôts. La région qui constitue actuellement le soubassement de la Dent de Jaman pourrait avoir été alors l'objet d'une corrosion encore plus intense (haut-fond ?) qui aurait atteint les niveaux à silex du Callovien, dont on retrouve peut-être les restes sous la forme de «blocs» de silex dans les premiers niveaux noduleux.

Cette conception permettrait en outre d'expliquer les différences d'âge de la base du complexe grumeleux suivant les régions: Oxfordien inf. dans le massif des Bruns, Oxfordien sup. dans la chaîne des Verraux ?, Argovien à la Dent de Corjon (G. FAVRE, 1952, p. 80).

Malm moyen et supérieur

La série massive du Malm moyen et supérieur n'a pas pu être subdivisée. Plusieurs auteurs (FAVRE & SCHARDT, JEANNET) ont fait des tentatives de partage de la série sur la base de critères lithologiques; ces hypothèses ont été modifiées par les découvertes ultérieures. C. CHENEVART (1945) établit une échelle stratigraphique du Malm de la Hochmatt à l'aide de la microfaune; plusieurs organismes considérés alors comme caractéristiques d'un niveau ont été trouvés depuis lors dans d'autres étages et ont perdu de leur valeur stratigraphique: *Clypeina jurassica* FAVRE & RICH. apparaît au Kimmeridgien et se présente dans tout le Tithonique; *Trocholina alpina* LEUP. et *Tr. elongata* LEUP. se rencontrent déjà dans le Bathonien.

H. WEISS (1949, pl. 1) distingue dans le domaine des Préalpes médianes plusieurs zones de faciès, elles-mêmes divisées en parties occidentale et orientale. La région étudiée ici se trouve ainsi partagée, en ce qui concerne le Malm moyen et supérieur, en quatre domaines distincts: dans le premier domaine, qui comprend la chaîne des Verraux et la Dent de Jaman, l'auteur subdivise le Malm moyen et supérieur en trois niveaux (p. 272), de bas en haut: calcaires du Malm moyen (Séq. + Kim.), niveau à clypéines (Tithon. inf.), calcaires à calpionelles (Tithon, sup.). Dans le deuxième domaine, celui des Rochers de Naye et de l'anticlinal de la Tinière, H. WEISS distingue (p. 273) deux niveaux d'épaisseurs à peu près égales: calcaires en bancs minces à silex à la base, calcaires massifs ou en gros bancs au sommet (calcaires à calpionelles). Dans les deux derniers domaines, région des Tours d'Aï et synclinal de Leysin (p. 276 et 284), il n'a pas été possible de faire de subdivision valable dans cette série. Là encore, l'interprétation de la zone frontale a été remise en question par les découvertes ultérieures.

J. V. D. WEID (1961) apporte des éléments nouveaux dans l'étude de la microfaune du Malm de la zone frontale. Ses données diffèrent de celles de WEISS par le niveau de l'apparition de *Clypeina jurassica* dans la série (V. D. WEID en a trouvé dans le premier banc de calcaire massif au-dessus du complexe grumeleux), et son interprétation par l'âge qu'il leur attribue: H. WEISS considérait ce fossile comme typiquement tithonique; J. V. D. WEID, suivant A. Carrozzi au Salève, lui donne un âge Kimmeridgien inf. – Tithonique.

Mes données ne me permettent pas de me prononcer valablement; je considère néanmoins que la position de la limite Séquanien-Kimmeridgien reste à préciser. Il faut espérer qu'un chercheur plus heureux finira par trouver quelques ammonites déterminantes en ce point de la série.

Un autre problème est lié à l'étude du Malm: la date de la transgression dans la région des Tours d'Aï. A. JEANNET (1918, p. 496, 552) pense que le Callovien, l'Oxfordien et l'Argovien pourraient être présents à la base des calcaires massifs.

H. Weiss (1949, p. 271) estime au contraire que ces étages pourraient manquer et la transgression commencer au Séquanien. Sur la rive gauche du Rhône, cette zone correspond à celle des anticlinaux de Bise et du Grammont où le Malm repose directement sur le Lias. H. Badoux (1962, p. 24, et Badoux & Mercanton, 1962, p. 162) pense que l'Oxfordien sup.–Argovien est présent «sous un faciès »Malm« néritique» à la base des calcaires massifs. Le Callovien pourrait même apparaitre en certains points.

Le problème est posé, mais non résolu. La datation des premiers niveaux du Malm des Tours d'Aï permettra de situer la transgression par rapport à la série plus complète de la zone frontale, et apportera peut-être l'explication de certains dépôts problématiques.

Conclusions

Les éléments décrits sont reportés sur un schéma d'ensemble (pl. 2), qui représente une coupe dépliée de la zone étudiée, la limite supérieure du Malm étant arbitrairement choisie comme horizontale. Les distances et les épaisseurs ont été rétablies en fonction du laminage et des accumulations dus au plissement; ces mesures restent cependant très approximatives. (Sur la pl. 2, les distances horizontales sont réduites 10 fois par rapport aux épaisseurs.)

Au Lias supérieur, la région de la chaîne frontale est une zone de sédimentation profonde. Le fond du bassin se relève en direction du SE. A partir du synclinal des Ruvines-Châble rouge, le Lias sup. n'affleure plus, enlevé par la transgression du Malm. Peut-être ne s'est-il jamais déposé? (v. E. Peterhans, 1926, p. 310.)

Au Bajocien, le bassin de sédimentation garde en gros le même profil; les calcaires spathiques de la base de l'étage sur la rive droite de la Tinière indiquent une diminution passagère de la profondeur en ce point. La série néritique de Nairecou révèle la proximité d'une côte. L'existence d'une terre émergée dans la région des Tours d'Aï (anticlinal A2 de E. Peterhans, p. 310) est confirmée par la différence des dépôts qu'elle sépare: le Dogger à *Cancellophycus* au NW, et les couches à *Mytilus* au SE, elles-mêmes transgressives sur des couches triasico-liasiques redressées.

Les mêmes conditions générales règnent encore au Bathonien et au Callovien inférieur; des intercalations de calcaires grèseux semblent indiquer une augmentation de l'inclinaison du fond marin en bordure du bassin: il s'agit probablement d'une accentuation du relief de l'anticlinal A2. L'étude de la variation de la série bathonienne apporte un argument en faveur de cette hypothèse: le Bathonien frontal présente une série plus profonde que le Bajocien, tandis que sur la rive gauche de la Tinière, région plus proche de la terre émergée, la série bathonienne est moins profonde que celle du Bajocien. Il n'est pas impossible que dans la série de la Sarse le Bathonien manque complètement.

Dès le Callovien supérieur, la physionomie du bassin change profondément: dans la région frontale, les courants augmentent et entraînent la formation de dépôts plus ou moins conglomératiques et lenticulaires pendant l'Oxfordien, l'Argovien et peut-être le Séquanien. Dans la région interne, la mer du Malm envahit la zone émergée des Tours d'Aï et la communication avec le domaine des Couches à *Mytilus* est rétablie. La date de cet évènement se situe probablement autour de l'Oxfordien-Argovien; seule la découverte de fossiles caractéristiques permettra de trancher la question.

Pendant le dépôt du Malm moyen et supérieur, la mer est relativement peu profonde, et le fond du bassin monte assez régulièrement de la zone frontale, où dominent des calcaires fins, vers la zone interne, où les calcaires oolithiques sont abondants. L'anticlinal liasique du Sex des Nombrieux-Tours d'Aï (A2 de PETERHANS) a disparu. De petits bombements se signalent localement par des dépôts de calcaire corallien, à Sonchaux (FAVRE & SCHARDT, 1887, p. 146) et à la George (JEANNET, 1918, p. 554). Ailleurs, on trouve de rares traces d'ammonites (débris, embryons), de la zone frontale à la zone interne, plus rares dans celle-ci.

Il va sans dire que seules les variations les plus importantes dans la configuration du fond du bassin ont été prises en considération ici, et que des mouvements plus locaux ont lieu de façon continue et se laissent aisément percevoir, par endroits, au sein d'un même étage.

Je ne saurais mieux résumer ma conception de la notion d'étage, façonnée par cette étude stratigraphique, qu'en citant E. PETERHANS, 1926, p. 194:

«La limite entre deux étages du Lias chablaisien ne peut être fixée que rarement. On la place de préférence à la limite de deux faciès différents. Mais il est très rare qu'on puisse prouver, à l'aide de faunes, le bien fondé de cette manière de voir. Souvent un même faciès englobe plusieurs étages...»

Cette citation, tout à fait applicable au Jurassique moyen et supérieur de la région étudiée ici, dit bien toute la prudence dont il faut faire preuve dans l'attribution des noms d'étages.

La vallée de la Tinière fournit la coupe la plus longue dans le sens de l'axe des plis actuels, soit à peu près perpendiculairement au profil du bassin reconstitué à la pl. 2. Sur la rive gauche de cette vallée, du NE au SW, plusieurs niveaux diminuent d'épaisseur et disparaissent; ainsi, alors que la crête des Monts d'Arvel a une direction générale NE–SW, les limites des faciès à ammonites du Callovien et de l'Argovien seraient plutôt ENE–WSW; mais la direction actuelle de la crête n'est pas exactement celle de l'axe de l'anticlinal de la Tinière; la direction de ce pli se rapproche davantage de celle de la rivière elle-même, et de celle des limites hypothétiques de faciès. D'une façon générale, on peut dire que les zones de dépôts synchrones et identiques (isopiques) sont parallèles aux axes des plis actuels dans la région étudiée. L'interprétation des phénomènes observés ne sera pas poussée plus loin: la reconstitution de la paléogéographie ne peut pas être faite sur la base d'une seule coupe à travers le bassin. Si ces quelques pages peuvent contribuer un jour à l'élaboration d'une synthèse, le but de cette étude sera atteint.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS

ARKELL, W. J. (1956): *Jurassic Geology of the World*. Oliver & Boyd, Edinburgh & London.

ARKELL, W. J., FURNISH, W. M. & KUMMEL, B. (1957): *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part* L *Mollusca* 4. Univ. Kansas Press, Geol. Soc. Amer.

BADOUX, H. (1962): *Géologie des Préalpes valaisannes*. Mat. Carte Géol. Suisse (N. S.) *113*.

– (1965): *Carte géologique des environs de Montreux, et notice explicative*. Feuille *47* de l'Atlas géol. de la Suisse.

BADOUX, H., & MERCANTON, C. H. (1962): *Essai sur l'évolution tectonique des Préalpes médianes du Chablais*. Eclogae geol. Helv. *55*, 1.

BOLLER, K. (1963): *Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen im Neocom der Klippendecke*. Eclogae geol. Helv. *56*, 1.

CHAROLLAIS, J., & RIGASSI-STUDER, D. (1961): *Répartition de quelques microfossiles dans le Jurassique supérieur et le Crét. inf. de Châtel-St-Denis.* Arch. Sc., Genève, *14*, 2.

CHATTON, M. (1947): *Géologie des Préalpes médianes entre Gruyères et Charmey.* Mém. Soc. frib. Sc. nat. *13.*

CHENEVART, CH. (1945): *Les nappes des Préalpes médianes et de la Simme dans la région de la Hochmatt.* Mém. Soc. frib. Sc. nat. *12.*

COLLET, L. W. (1910): *Présence de calc. et brèches dolom. dans le Lias du Mt Arvel.* Arch. Sc., Genève, 4e période, T *29.*

DOBEN, K. (1962): *Paläontologisch-stratigraphische und fazielle Untersuchungen an der Jura/Kreidegrenze in den Bayerischen Kalkalpen.* Thèse, Munich.

– (1963): *Über Calpionelliden an der Jura/Kreide-Grenze.* Mitt. Bayer. Staatsamml. Paläont. hist. Geol. *3.*

ENAY, R. (1963): *La nomencl. stratigr. du Jurassique terminal, ses probl. et sa normalisation.* Bull. trim. Serv. Inform. du BRGM, Paris, *59.*

FAVRE, E., & SCHARDT, H. (1887): *Description géol. des Préalpes du Cant. de Vaud, du Chablais et des Dents du Midi.* Mat. Carte Géol. Suisse, *22.*

FAVRE, G. (1952): *Les Préalpes méd. entre l'Hongrin inf. et la Sarine.* Bull. Soc. frib. Sc. nat. *41.*

GAGNEBIN, E. (1922): *Carte géol. des Préalpes entre Montreux et le Moléson et du Mt Pélerin,* 1 : 25000. Comm. géol. Soc. helv. Sc. nat., carte spéciale No 99.

GILLIÉRON, V. (1885) *Descrip. géol. des territoires de Vaud, Frib. et Berne.* Mat. Carte Géol. Suisse, *18.*

GUILLAUME, A., & MASCLE, G. (1962): *A propos de l'Argovien-Rauracien du Jura.* Bull. Soc. Hist. nat. Doubs, *64*, fasc. 1.

HAUG, E. (1911): *Traité de Géologie.* Colin, Paris.

HEIM, ALB. (1921): *Geologie der Schweiz.* Bd *II*, Préalpes. Tauchnitz, Leipzig.

HENNY, G. (1918): *La géologie des environs de Montreux.* Bull. labo. géol. Univ. Lausanne, *23.*

HOLLMANN, R. (1962): *Über Subsolution und die «Knollenkalke» des Calcare Ammonitico Rosso Superiore im Monte Baldo.* N. Jb. f. Geol. & Pal., Mh. *4.*

HORWITZ, L. (1918): *Sur le Dogger et le Malm du massif des Bruns dans les Alpes fribourgeoises.* Extr. du Bull. Acad. Sc. de Cracovie.

– (1922): *Notices préalpines.* Bull. Soc. vaud. Sc. nat. *54.*

– (1940): *Bt., Call., Oxf. et Arg. dans le massif des Bruns (Fg).* Bull. labo. géol. Univ. Lausanne, *67.*

JEANNET, A. (1911): *Carte géol. des Tours d'Aï et des régions avoisinantes,* 1 : 25000. Mat. Carte Géol. Suisse (N. S.) *34*, carte spéciale No 68.

JEANNET, A. (1913, 1918): *Monogr. géol. des Tours d'Aï et des régions avoisinantes, I & II.* Mat. Carte Géol. Suisse (N. S.) *34.*

LOMBARD, A. (1956): *Géologie sédimentaire. Les séries marines.* Masson & Cie, Paris.

DE LORIOL, P., & SCHARDT, H. (1883): *Etude paléont. et stratigr. des couches à Mytilus des Alpes vaudoises.* Mém. Soc. Pal. Suisse, *10.*

PETERHANS, E. (1926): *Etude du Lias et des géanticlinaux des Pr. méd.* Mém. Soc. Helv. Sc. nat., *62*, 2.

PUGIN, L. (1951): *Les Préalpes médianes entre le Moléson et Gruyères.* Eclogae geol. Helv., *44*, 2.

RABOWSKI, F. (1918): *Sur l'âge des couches à Mytilus.* Bull. Soc. vaud. Sc. nat., *52.*

REMANE, J. (1962): *Zur Calpionellen-Systematik.* N. Jb. f. Geol. & Pal., Mh., *1.*

– (1963): *Les calpionelles dans les couches de passage Jurassique-Crétacé de la fosse vocontienne.* Trav. Labo. géol. Fac. Sc. Grenoble, *39.*

RENZ, H. H. (1935): *Zur Stratigraphie und Paläontologie der Mytilus-Schichten im östlichen Teil der Préalpes romandes.* Eclog. geol. Helv. *28*, 1.

SAUGY, L. (1957): *Etude géologique de la région Montreux-Dent de Jaman.* Travail de Diplôme, Lausanne. Inédit.

SCHARDT, H. (1898): *Stratigraphie du calcaire du Mt Arvel.* Bull. Soc. vaud. Sc. nat. *34.*

SCHUMACHER, J. P. (1926) *Descrip. géol. des environs de Rossinière.* Thèse, Lausanne.

SPOORENBERG, J. (1952): *Les Préalpes médianes au NW de Château-d'Œx.* Thèse, Fribourg.

VON DER WEID, J. (1961): *Géologie des Préalpes médianes au SW du Moléson.* Eclogae geol. Helv. *53*, 2.

WEISS, H. (1949): *Stratigraphie und Mikrofauna des Klippen-Malm.* Thèse, Zürich.

PANORAMA DES PRÉALPES MÉDIANES VAUDOISES, vu du GRAMMONT

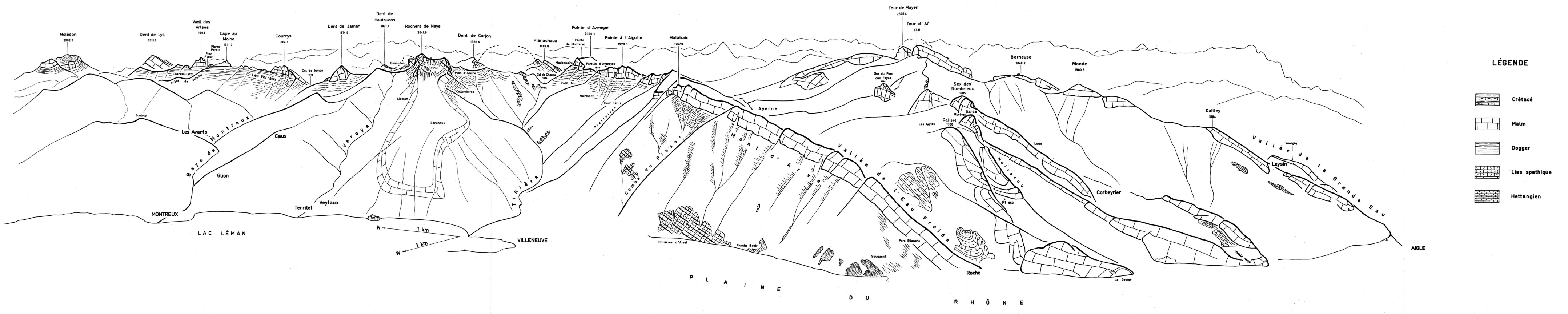
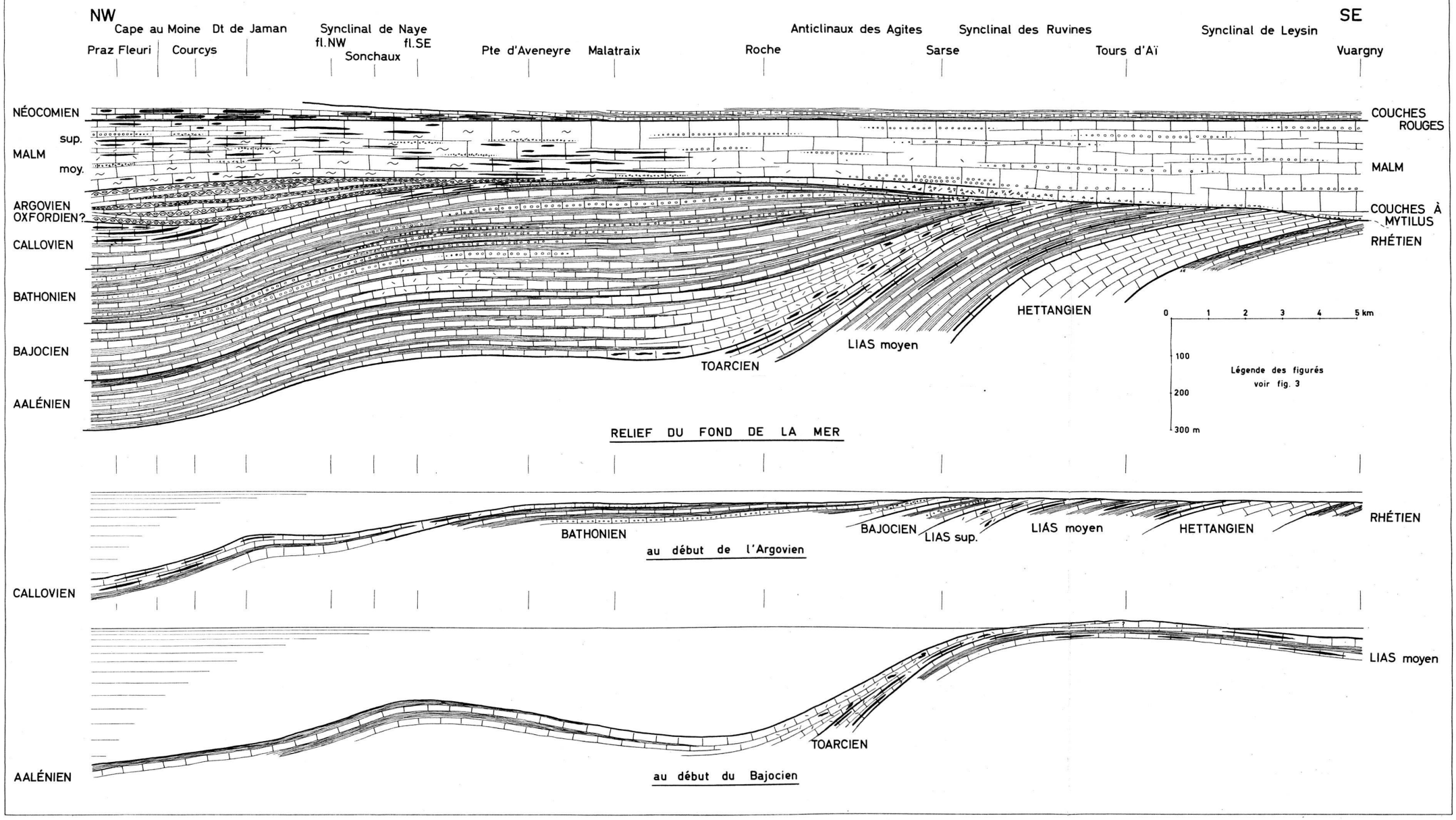



SCHÉMA STRATIGRAPHIQUE DU JURASSIQUE MOYEN ET SUPÉRIEUR DES PRÉALPES MÉDIANES DE LA RIVE DROITE DU RHÔNE