Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 57 (1964)

Heft: 1

Artikel: Étude géologique de la chaîne Grand Crédo-Vuache (Ain-Haute Savoie, France)

Autor: Arikan, Y.

Kapitel: 1: Stratigraphie

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-163135

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: 13.12.2025

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

PREMIÈRE PARTIE

Stratigraphie

Introduction

La route nationale 508 a qui conduit de Chevrier à Arcine, permet de suivre presque sans interruption couche par couche la coupe des terrains de l'Argovien à l'Urgonien constituant la série normale du Vuache. Ce sera la coupe de référence pour toute la région. La section le long de la route de Collonges à Bellegarde au pied du Grand Crédo est discontinue et ne permet pas de lever aussi minutieusement la coupe stratigraphique. Cependant les affleurements du Grand Crédo ont fourni quelques fossiles nous permettant ainsi de fixer leur âge avec certitude.

Les terrains tertiaires sont accessibles à l'ancienne Perte du Rhône grâce aux coupures naturelles faites par le Rhône et les ruisseaux de Nanbin et du Barrage.

Quant au Quaternaire, il n'offre que peu de bonnes coupes et nous avons étudié ses dépôts sans entrer dans beaucoup de détails.

Terrains Jurassiques

JURASSIQUE MOYEN OU DOGGER

Bathonien

Le Bathonien est le terrain le plus ancien qui affleure dans la région. On ne le trouve qu'au fond du creux de Longeray, dans la carrière de Sanglot au-dessus du village de Longeray. Nous y avons reconnu le faciès de la «dalle nacrée» du Bathonien supérieur passant vers le haut à un faciès marneux correspondant probablement au Callovien.

Il s'agit dans l'ensemble d'un calcaire échinodermique et spathique, gris-bleu foncé devenant brun-beige, gris clair-beige ou jaune roussâtre à l'altération, avec de gros silex. Sur les surfaces d'altération on voit de nombreux débris d'Echinodermes. Nous n'y avons pas rencontré de fossiles. H. Schardt (1891, p. 59–60) y signale:

Térébratules, mal conservées,
Rhynchonelles,
Pholadomya crassa Ag.
Pholadomya texta Ag.
Belemnites hastatus Blnv.
Pentacrines.

L'ensemble est d'âge bathonien supérieur.

Ces calcaires d'une épaisseur visible de 23,50 mètres offrent peu de variété tant au point de vue macroscopique que microscopique. L'étude des coupes minces prises dans chaque banc ne nous a guère apporté de renseignements complémentaires pour confirmer leur âge.

Voici la coupe levée de haut en bas (fig. 1):

3. Calcaires brun-beige, échinodermiques et spathiques, avec des rognons de silex à la base. Bancs de 50 à 80 cm de puissance. Surface de stratification plane.
ép. 3,60 m

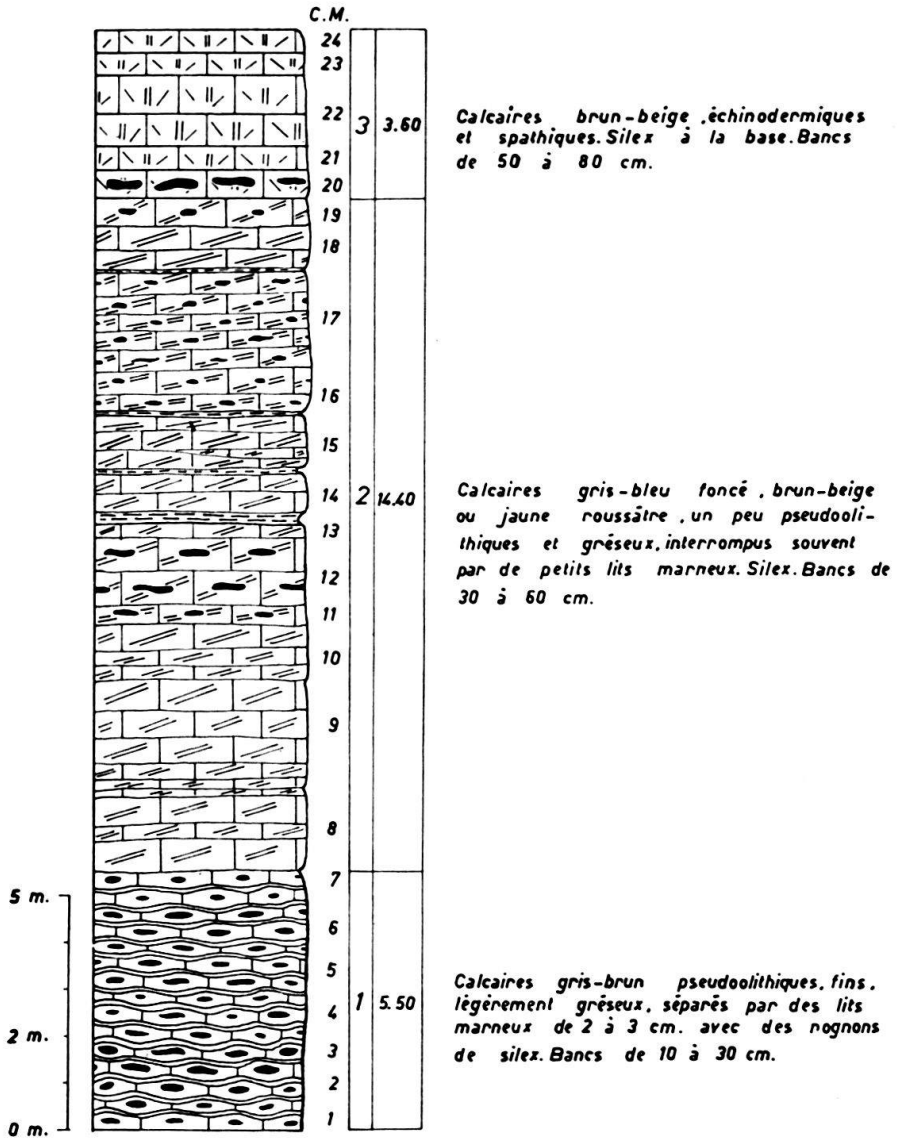

Fig. 1. Bathonien. Carrière de Sanglot au-dessus de Longeray.

Micr. (C.M. 20–24)[1]); petits grains de quartz détritique peu abondants, anguleux et altérés; quartz secondaire épigénisant certains débris d'*Echinodermes*; pyrite limonitisée en grains isolés, en amas ou remplissant les loges des organismes; quelques très rares galets calcaires. Organismes: très abondants, mais peu variés: débris d'*Echinodermes* en abondance, généralement des plaques d'*Echinides* et des articles de *Crinoïdes* et rarement des piquants d'*Oursin*; rares tests de *Mollusques*. Ciment: sparite (calcite largement cristallisée) avec très peu de micrite (ciment calcaire primaire cryptocristallin). (Termes empruntés à R. Folk (1959).)

Ces calcaires sont presque exclusivement constitués de débris d'Echinodermes de grande taille.

2. Calcaires gris-bleu foncé, brun-beige ou jaune roussâtre à l'altération, échinodermiques et spathiques, peu pseudoolithiques et gréseux, interrompus souvent par de petits lits marneux, avec des rognons de silex vers le milieu et atteignant parfois 25 cm de diamètre au sommet. Bancs de 30 à 60 cm de puissance. Surface de stratification légèrement onduleuse. ép. 14,40 m

[1]) Les coupes minces et leurs déterminations sont déposées au laboratoire. Les diagnoses sont mentionnées dans le texte par «micr.».

Micr. (C.M. 8–19): quartz détritique en petits grains anguleux à contours altérés, abondants ou pas suivant les coupes; quartz secondaire épigénisant certains débris d'*Echinodermes*; pyrite généralement limonitisée en grains isolés, en amas, en traînées ou remplissant les loges des organismes; peu de pseudoolithes et rares galets calcaires. Organismes moins abondants, mais encore très nombreux, de taille intermédiaire: débris d'*Echinodermes* très abondants (plaques d'*Echinides*, articles de *Crinoïdes* et piquants d'*Oursins*); *Radiolaires* abondants; rares Foraminifères (*Miliolidés* et *Rotalidés*); rares *Bryozoaires* et tests de *Mollusques*. Ciment: sparite avec un peu de micrite.

1. Calcaires gris-brun pseudoolithiques fins, noduleux et légèrement gréseux, séparés par des lits marneux de 2 à 3 cm d'épaisseur, avec des rognons de silex. Nodules atteignant parfois 20 cm de diamètre. Bancs de 10 à 30 cm de puissance. ép. 5,50 m

Micr. (C.M. 1–7): nombreux petits grains de quartz détritique, anguleux à contours altérés; pyrite généralement limonitisée en grains isolés ou groupés, en amas ou se trouvant dans les organismes; pseudoolithes. Organismes: débris d'*Echinodermes* de petite taille et moins abondants; *Radiolaires* plus ou moins nombreux suivant les coupes; rares Foraminifères (*Miliolidés* et *Rotalidés*); rares tests de *Mollusques*. Ciment: sparite avec beaucoup de micrite.

On remarque que la taille des débris d'Echinodermes augmente de la base au sommet de la coupe, ainsi que leur quantité. La base de la coupe est moins cristallisée que le sommet.

Les anciens géologues ont signalés la présence du Dogger à Entremont (Vuache). P. Choffat (1878, p. 30 et 53) écrit que «les couches de Birmensdorf reposent directement sur un calcaire gris à patine jaunâtre compact, sans traces d'oolithes, très dur». Malgré le peu de fossiles recueillis, il l'attribue au Callovien. H. Schardt (1891, p. 74) cite quelques bancs de calcaire homogène jaune, interrompu de marnes grises, siliceuses qu'il attribue au Bathonien. Plus bas, il voit quelques rares affleurements de calcaire spathique brun du faciès de la «Dalle nacrée».

Les recherches aux alentours d'Entremont entre la route et le Rhône ne nous ont pas permis de retrouver ces affleurements du Dogger. Les derniers bancs trouvés semblent plutôt se rattacher aux couches de Birmensdorf conformément à ce que J. P. de Loriol (1954, p. 3) pensait. Il s'agit d'un calcaire gris compact un peu marneux qui montre sous le microscope quelques organismes filamentaires. Nous n'avons pas pu retrouver les calcaires bruns du faciès de la Dalle nacrée, signalés par H. Schardt. Il semble que c'est au développement des surfaces cultivées et à la montée du Rhône à la cote 330 (+15 m) qu'est due la disparition de ces rares affleurements.

H. Vincienne (1930, p. 805) signale des affleurements très réduits du faciès de la Dalle nacrée, encadrés de bancs écrasés argoviens et rauraciens au pied des Rochers de Léaz. Nous ne les avons jamais retrouvés. Nous y avons reconnu, par contre, le faciès du Séquanien, avec des alternances de calcaires et de marnes bruns.

JURASSIQUE SUPÉRIEUR OU MALM

Argovien

Le contact du Bathonien avec le Malm ne se voit pas. Les couches affleurent dans plusieurs couloirs au cirque de Longeray. C'est le long de la route 508 a que les affleurements sont bien visibles. La pauvreté en fossiles et la discontinuité

des affleurements ne nous permettent pas de distinguer avec précision toutes les zones classiques du Jura d'Argovie. Néanmoins on peut diviser cet Argovien (fig. 2) en deux ensembles lithologiques sans limite précise d'après l'analogie de faciès avec d'autres parties du Jura. Ce sont:

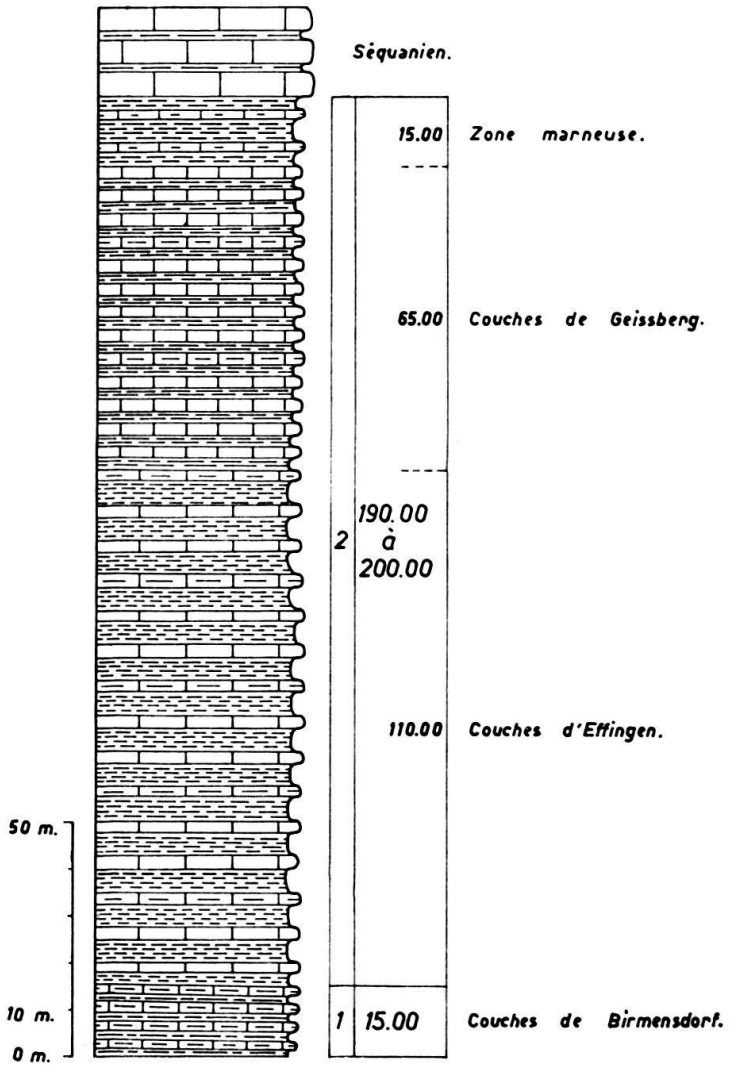

Fig. 2. Argovien. Route 508 «a» près d'Entremont, Vuache.

1. Argovien inférieur (couches de Birmensdorf) d'une puissance de 15 mètres. C'est un ensemble de calcaires marneux en bancs peu épais (de 10 à 20 cm) et de marnes riches en Spongiaires. Le calice des Spongiaires est pris dans les marnes friables où il apparaît comme un petit lit de calcaire discontinu. Quoique les fossiles fassent défaut, le faciès est bien celui des couches de Birmensdorf, décrit par J. Revil (1889), P. Choffat (1878) et d'autres auteurs.

2. Argovien moyen et supérieur (respectivement couches d'Effingen et de Geissberg). Cette assise de 190 à 200 mètres d'épaisseur est totalement stérile. Nous n'avons aucun fossile bien caractéristique pour pouvoir distinguer ces deux séries. Cette rareté ou le manque même de fossiles a déjà été reconnu par nos prédécesseurs.

H. SCHARDT (1891, p. 74) y signale quelques Ammonites sans pouvoir les déterminer.

La série est formée d'une alternance de calcaires compacts gris-bleu foncé, bruns à l'altération, souvent marneux plaquetés et de marnes de même couleur, feuilletées ou schisteuses se délitant facilement. Nous pensons, avec H. SCHARDT (op. cit., p. 14), que la partie supérieure plus calcaire d'une épaisseur de 65 m correspondrait aux couches de Geissberg, et la base, à prédominance de marnes feuilletées, représenterait les couches d'Effingen (110 m). Au sommet, une zone plus marneuse d'une quinzaine de mètres précède les premiers bancs du Séquanien. Les directions (N 11° W à N 4° E) et les pendages (38° NE à 42° SE) sont variables et montrent combien la série est plastique.

La lithologie de cet étage montre une étroite parenté avec celle des autres chaînes jurassiennes.

Micr. (C.M. 25–37): rares et minuscules grains de quartz détritique; pyrite généralement limonitisée en petits grains isolés ou groupés en amas mûriformes, en amas ou en traînées; un ou deux grains de glauconie dans certaines coupes minces. Les organismes sont ni abondants, ni variés. Il s'agit avant tout des organismes filamentaires, rapportés par G. COLOM (1955) aux Algues filamenteuses ou à *Halobia* par Y. PEYRE (1959); puis *Radiolaires*; rares débris d'*Echinodermes*; rares Foraminifères (*Miliolidés* et *Rotalidés*?) et rares *Ostracodes*. Ces organismes n'ont aucune valeur stratigraphique.

Séquanien

Le Séquanien affleure dans la combe du sommet du Grand Crédo qui continue jusqu'à la Pointe de Sorgia. Les chalets de Sorgia-d'en-Haut et d'en-Bas se trouvent précisément dans cette combe. L'étage affleure encore à Varambon sous forme d'une boutonnière et dans le couloir au S de la Charmante sur le versant ouest. Ce couloir correspond à l'emplacement du deuxième décrochement. Le Séquanien se trouve aussi sur le même versant entre la faille C et le complexe kiméridgien. Ces affleurements prolongent sous le Kiméridgien ceux du replat de Varambon. Au cirque de Longeray on le voit apparaître par-ci par-là sous les éboulis. C'est grâce à la position de ce Séquanien plaqué contre le complexe kiméridgien que nous avons pu mettre en évidence la faille A à l'W du Plat des Rochers. Les affleurements sont plus abondants près des Forts sur la branche est de ce cirque. L'entrée du côté de Longeray du tunnel du Fort l'Ecluse se trouve sur la limite du Séquanien et du Kiméridgien.

C'est le long de la route 508 «a» du côté du Vuache que s'offre la coupe la plus complète du Séquanien, au pied de l'escarpement abrupt du versant occidental du Vuache. L'étage est représenté par une série monotone de calcaires compacts, parfois marneux alternant avec de petits lits de marnes. Le tout mesure 180 mètres. Il débute (fig. 3) à la base par une brèche intraformationnelle d'une dizaine de mètres d'épaisseur qui affleure en petits bancs de 10 à 30 cm. Il s'agit d'un calcaire gris-bleu foncé, brun à l'altération, compact, avec des galets bleu foncé intraformationnels, surmonté de calcaire compact bleu foncé, brun à la périphérie, en bancs de 10 à 30 cm, séparés par des lits de marnes gris-bleu feuilletées. Ces derniers ont également une épaisseur d'une dizaine de mètres. Puis les bancs

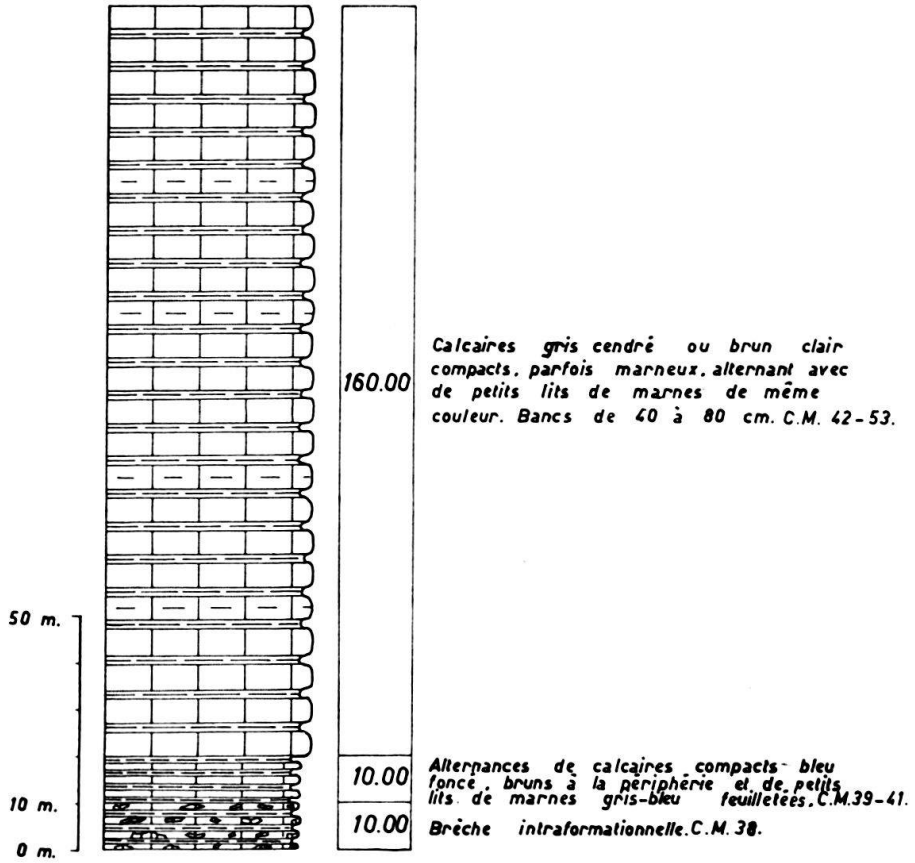

Fig. 3. Séquanien. Route 508 «a», Vuache.

augmentent d'épaisseur, (de 40 à 80 cm). La couleur de la roche est gris cendré ou brun clair par suite de l'altération. Ils affleurent sur 160 m environ le long de la route et finissent la série.

Le Séquanien n'est pas complètement azoïque. La carrière d'Entremont nous a fourni les fossiles suivants dans un niveau de la brèche intraformationnelle:

Hynniphoria globularis SUESS
Belemnites
Aptychus sparsilamellosus GUMBEL
Aptychus latus PICTET
Aptychus sp.
Phylloceras tortisulcatus D'ORBIGNY
Aspidoceras perarmatus SOWERBY
Harpoceras eucharis D'ORBIGNY
Perisphinctes (*Planites*) *pseudolictor* CHOFFAT
Perisphinctes (*Planites*) *polygratus* REINECKE
Perisphinctes (*Planites*) *ernesti* DE LORIOL
Perisphinctes (*Planites*) aff. *breviceps* QUENSTEDT (un fragment)
Perisphinctes (*Prososphinctes*) *praenuntians* FONTANNES
Perisphinctes helenae DE RIAZ
Perisphinctes achilles D'ORBIGNY (fragments)
Perisphinctes convolutus QUENSTEDT
Perisphinctes (*Ataxioceras*) *lothari* OPPEL (jeune)
Perisphinctes (*Ataxioceras*) *inconditus* FONTANNES
Fragments de *Perisphinctes* sp.

Dans la paroi au-dessous de la route 508 «a» entre Entremont et la colline du château d'Arcine nous avons trouvé des fragments de *Perisphinctes* se rapportant aux espèces *inconditus* FONTANNES, *lictor* CHOFFAT.

Dans le couloir au S de la Charmante nous avons trouvé quelques fragments de *Perisphinctes* attribuables avec doute aux espèces *achilles*, D'ORBIGNY et *lothari*, OP.

On voit que le faciès est bien celui du Séquanien conformément aux auteurs récents comme M. GIGNOUX, G. CORROY, D. AUBERT et P. BUTTICAZ.

Le milieu est plus carbonaté que dans l'étage précédent. De même que dans l'Argovien, les pendages et les directions varient. Les bancs supérieurs sont très redressés et dépassent même la verticale au Vuache. Dans la branche est du cirque de Longeray ainsi que vers le Crêt du Milieu, ils montrent un pendage inverse. Ce n'est qu'une exagération due à la présence toute proche de la grande masse des calcaires massifs du Jurassique supérieur. Il en est résulté des plissotements très prononcés de ces assises. Cette tectonique dysharmonique atteint son paroxyme à la charnière anticlinale que l'on peut voir à la carrière d'Entremont et au cirque de Longeray. Les charnières sont généralement anguleuses et les replis très aigus.

Il faut toutefois différencier ces plissotements des plis proprement dits qui ont affecté le sommet de l'anticlinal du Grand Crédo. Il s'agit des replis tectoniques dus à la poussée tangentielle comme J. RÉVIL (1908, p. 356) l'a démontré.

L'examen d'une série de coupes minces (38–53) ne nous a apporté aucun renseignement complémentaire: rares petits et minuscules grains de quartz détritique, parfois nombreux dans certaines coupes; amas et grains isolés de pyrite généralement limonitisée; galets calcaires dans la partie bréchique; un ou deux grains de glauconie dans certaines coupes. Nous n'avons pas rencontré la microfaune de Foraminifères (*Pseudocyclammina sequana*) signalée par W. MOHLER (1938) dans le Jura septentrional. Il existe par contre des organismes filamentaires comme dans l'Argovien; des *Radiolaires*; des *Ostracodes*; de rares débris d'*Echinodermes* et de rares *Foraminifères* (*Rotalidés*) qui n'ont aucune valeur stratigraphique.

Complexe kiméridgien

Dès le sommet du Séquanien, on entre dans une série de calcaires massifs qui représentent le Séquanien supérieur, le Kiméridgien et le Portlandien inférieur. Ce complexe forme les Rochers de Léaz et l'escarpement abrupt qui domine le bassin molassique de Bellegarde au Vuache. Il forme également la voûte du cirque de Longeray, soit depuis les Forts l'Ecluse au Plat des Rochers et se poursuit vers le N où il est séparé par la faille A du Kiméridgien de l'unité 2. Celui-ci forme la branche ouest du cirque de Longeray où l'on observe un pendage inverse. Le complexe se trouve en forme de lentille le long de la faille B, du Crêt du Miroir jusqu'à mi-distance entre les chalets de Sorgia. Il forme une sorte de carapace sur le flanc ouest du cœur de l'anticlinal du Grand Crédo et laisse apparaître le Séquanien dans un boutonnière à Varambon et au couloir près de la Charmante. Cette carapace continue jusqu'au niveau du chalet de Sorgia-d'en-Bas. Enfin les derniers affleurements se trouvent au-dessous de la Pointe de Sorgia à l'W du ravin.

Ce complexe a une puissance totale de 300 mètres environ. Sa base est constituée par un calcaire entièrement recristallisé que l'on peut voir au Vuache, au cirque de Longeray, vers les Forts et au tunnel du Fort l'Ecluse. Ce calcaire d'une couleur

gris-brun jaunâtre, parfois rosâtre est fortement altéré et fissuré. L'altération donne naissance à un dépôt de poussière jaune et beige. L'aspect de l'affleurement est rocailleux. Les fissures sont nombreuses et remplies par de la calcite ou par un grès gris verdâtre glauconieux.

Micr. (C.M. 65): quartz détritique très abondant, arrondi ou subarrondi, anguleux, presque toujours cassé et renfermant des inclusions, quelques extinctions onduleuses; glauconie en granules, pure ou associée à la pyrite, s'altérant parfois en biotite et en chlorite; muscovite en paillettes ou en plages contournant les grains de quartz; pyrite en grains informes, cubiques ou en amas; biotite et chlorite; très rares sections de magnétite, de glaucophane, de tourmaline et de zircon. Ciment de calcite largement cristallisée.

En nous basant sur la forme des grains de quartz et l'association des minéraux, nous attribuons, sans le démontrer, ce grès à l'Aquitanien.

Dans ces calcaires recristallisés il n'existe aucune trace de fossiles tant macroscopiques que microscopiques.

Micr. (C.M. 54–64): structure de marbre où la calcite secondaire se trouve en grandes plages renfermant des impuretés.

Ces calcaires d'une épaisseur d'une vingtaine de mètres représentent le Séquanien supérieur. Le manque de fossiles ne permet pas de faire de séparation précise avec le Kiméridgien. Pour faciliter le levé de terrain le Séquanien est mis dans le complexe kiméridgien.

A ces calcaires font suite les calcaires massifs proprement dits du complexe kiméridgien, sans stratification interne. Ce sont des assises de calcaires blancs, presque sans changement de faciès qui mesurent plus de 250 mètres d'épaisseur (fig. 4). Il s'agit des calcaires blancs, parfois légèrement grisâtres ou jaunâtres, pseudoolithiques moyens ou fins, rarement compacts ou saccharoïdes, avec une faune microscopique parfois assez riche. La macrofaune est extrêmement rare. Nous y avons trouvé:

Lima, le long de la route 508 «a»,
Pecten, empreinte, dans les éboulis au couloir près de la Charmante,
Diceras, deux fragments, même endroit.

H. SCHARDT (1891, p. 74) signale au Vuache une empreinte de *Pecten*, quelques *coraux* indéterminables et un *Diceras*. Ces fossiles indiqueraient le niveau du Kiméridgien coralligène qu'il a reconnu dans la chaîne du Reculet jusqu'au col de Crozet.

Micr. (C.M. 66–77): pseudoolithes de taille petite et moyenne suivant les coupes; rares oolithes régénérées; rares petits grains de pyrite limonitisée. Organismes: *Polypiers*; *Stromatoporoïdes*; débris d'*Echinodermes*; *Algues* (*Cylindroporella arabica*, ELLIOTT; *Polygonella incrustata*, ELLIOTT; *Macroporella* aff. *gigantea*, CAROZZI); rares *Foraminifères* (*Textularidés*, *Miliolidés*, fantômes de *Pseudoocyclammina*) et tests de *Mollusques*. Ciment: sparite avec beaucoup de micrite.

La limite Kiméridgien-Portlandien est marquée dans le premier chaînon du Jura par un niveau à *Exogyra virgula*. Elle n'est pas visible dans nos affleurements. Le caractère coralligène peu développé du Kiméridgien est difficilement visible à l'œil nu, ce qui ne facilite guère la séparation de ces deux étages sur le terrain. Mais ces deux faciès montrent une nette différence sous le microscope.

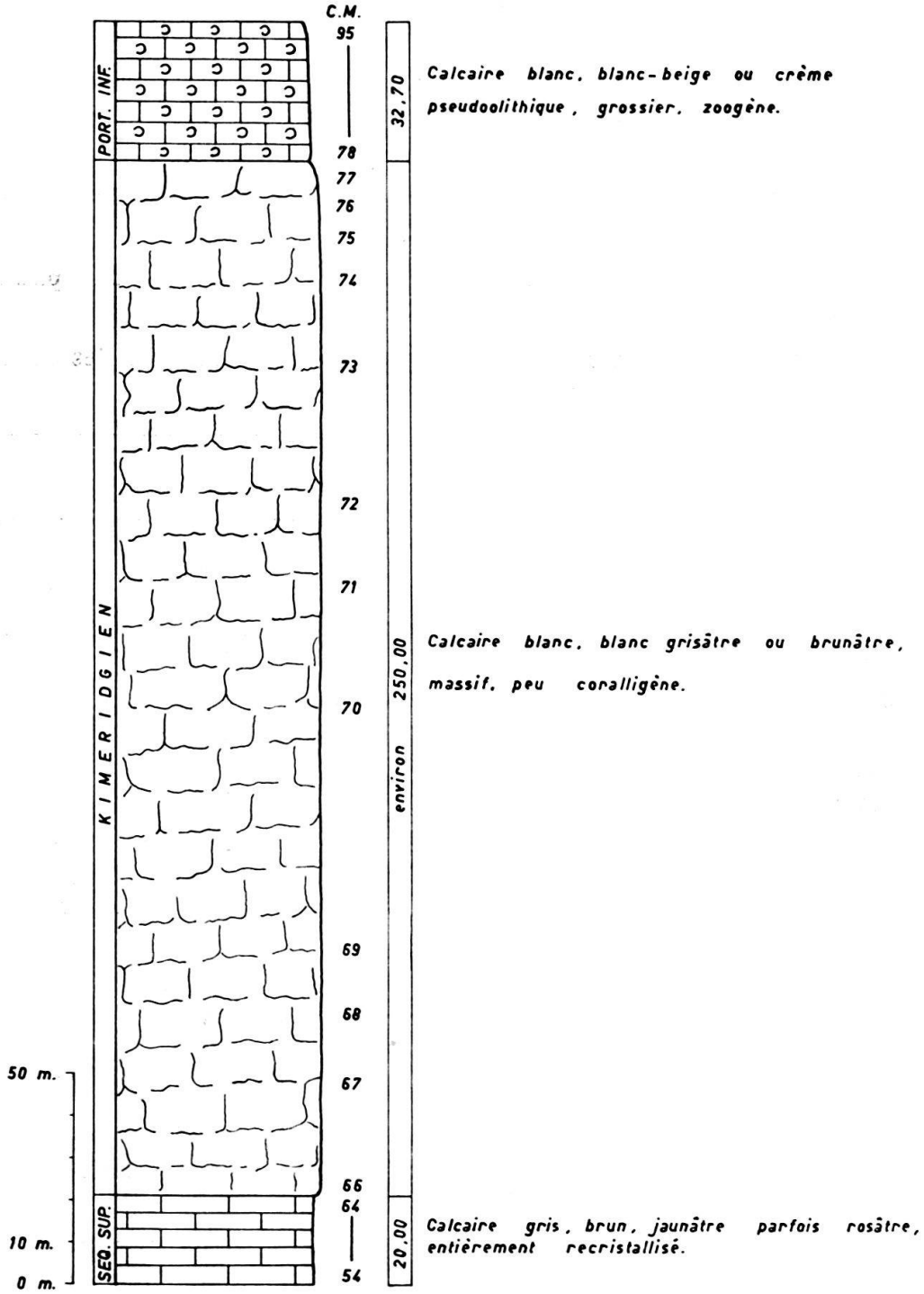

Fig. 4. Complexe Kiméridgien. Route 508 «a». Vuache.

Micr. (C.M. 78–95): pseudoolithes de taille variée; très rares et minuscules grains de pyrite. Organismes: *Cayeuxia piae*, RECH-FROLLO (Pl. I Ph. 1); *Cayeuxia moldavica*, RECH-FROLLO (id. Ph. 4); *Vaginella striata*, CAROZZI; *Clypeina jurassica*, FAVRE; *Salpingoporella annulata*, CAROZZI; rare *Polygonella incrustata*, ELLIOTT; rare *Macroporella pygmaea*, GUMBEL; *Neotrocholina friburgensis*. GUIL. & REICH.; *Pseudocyclammina lituus*, YABE & HANZAWA; *Miliolidés* (*Quinqueloculina*, *Spiroloculina*, rare *Nummoloculina*); *Textularidés*; *Buluminidés* (*Virgulina*); tests de *Mollusques* et de *Gastéropodes*; rares débris d'*Echinodermes*. Ciment: sparite et micrite en proportion variable.

Le genre *Cayeuxia* se rattache aux Codiacées. Il appartient au groupe des Mitcheldeaniées et se rapproche beaucoup du genre *Pycnoporidium* de YABE et TOYAMA (1928), rencontré dans le Jurassique supérieur du Japon. M. FROLLO (1938, p. 269–271, Pl. XVIII) en donne une description complète et précise que les parois transversales très nettes chez *Pycnoporidium* sont totalement absentes chez les *Cayeuxia*, ce que l'on observe dans les coupes minces.

Les coupes 66 à 77 sont coralligènes et représenteraient donc le Kiméridgien. Par contre les coupes 78 à 95 ci-dessus offrent une association de microfaune portlandienne bien caractéristique. Les bancs supérieurs d'une puissance de 32,70 m représenteraient alors le Portlandien inférieur. Il est donc possible de séparer, d'une façon satisfaisante, le Kiméridgien du Portlandien par la micrographie. Mais une séparation précise sur le terrain est presque impossible; car bien que le Portlandien inférieur présente des bancs stratifiés, ils se confondent souvent vers le contact avec les calcaires massifs du Kiméridgien. En manière de conclusion, on doit ainsi admettre que la limite Kiméridgien-Portlandien reste hypothétique. Aussi sont-ils groupés pour cette raison.

Portlandien supérieur

Au sommet de ce complexe kiméridgien apparaissent les premiers bancs franchement dolomitiques qui marquent le sommet du Portlandien. Ce faciès coiffe l'escarpement abrupt du versant occidental du Vuache; il continue vers le N en s'adossant contre le complexe kiméridgien de la branche est du cirque de Longeray, à l'entrée du tunnel du Fort l'Ecluse, et longe ensuite la route forestière nouvellement construite des Soies à la Rousse en passant par Pré-Cusin et Fontaine-Parry. Il affleure avec le Purbeckien dans le replat où se trouve le chalet de Bizot, replat qui rejoint celui du Séquanien du sommet du Grand Crédo. On le voit également sur le versant ouest du Grand Crédo entre les failles C et D. Enfin les derniers affleurements se voient au bord du chemin qui conduit de Chez Guidi à Sorgia.

Il s'agit d'un faciès dolomitique et flammé, d'une épaisseur de 59 mètres. La dolomie est associée à des calcaires pseudoolithiques, oolithiques, compacts, à des marnocalcaires et à des marnes. Les marnes apparaissent vers la partie supérieure tandis que la base est plus calcaire et moins dolomitique. A l'exception d'un petit banc de 0,20 m à la base de ce sous-étage, ce faciès ne contient jamais de galets noirs. Les bancs sont plus épais et moins dolomitiques que ceux du Purbeckien. Tous ces faits ont permis de cartographier l'étage d'une façon satisfaisante. La dureté moyenne et intermédiaire de ses bancs marque un passage graduel dans la morphologie entre le relief kiméridgien et la combe purbeckienne.

C'est seulement le long de la route 508 «a» au Vuache que l'on peut étudier ce faciès sur toute son épaisseur. Car ailleurs, par exemple près du tunnel du Fort l'Ecluse, les affleurements sont discontinus. Ils ne renseignent que sur sa position stratigraphique sans qu'il soit possible de relever une coupe stratigraphique satisfaisante. La série est la suivante (fig. 5):

49. (C.M. 142)	Calcaire gris compact saccharoïde dolomitique	0,45 m
48. (C.M. 141–140)	Calcaire gris bleuâtre schisteux dolomitique devenant brun à la périphérie	1,45 m

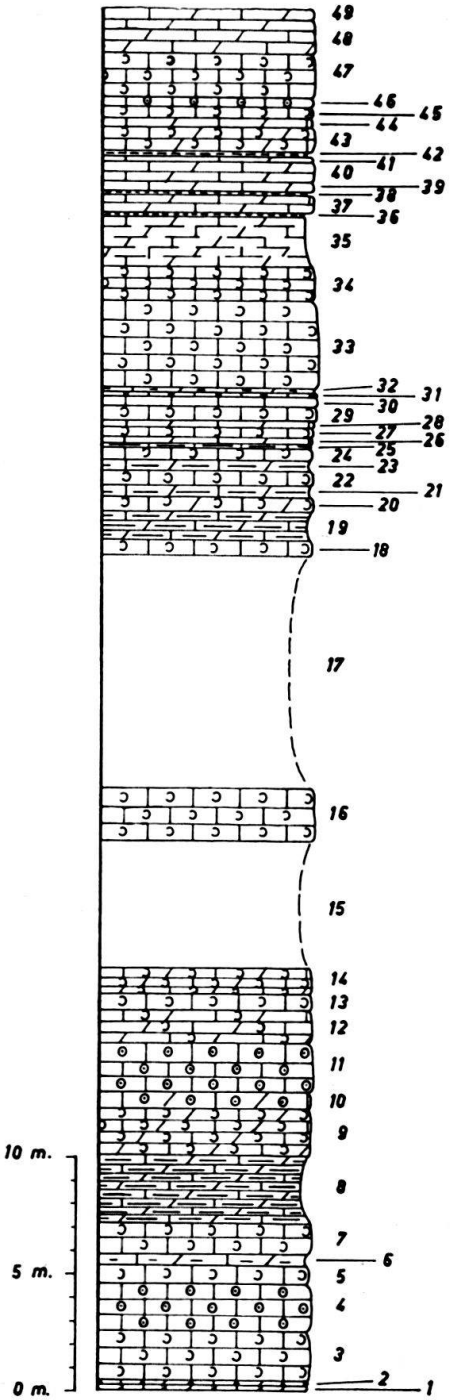

Fig. 5. Portlandien Supérieur. Route 508 «a». Vuache.

47. (C.M. 139) Calcaire blanc brunâtre pseudoolithique à *Vaginella striata* CAROZZI . . . . . 1,90 m
46. (C.M. 138) Calcaire blanc brunâtre oolithique à *Miliolidés* . . . . 0,40 m
45. (C.M. 137) Calcaire brun clair pseudoolithique à *Vaginella striata* CAROZZI . . . . . 0,50 m
44. (C.M. 136) Calcaire gris bleuâtre compact dolomitique . . . . . 0,35 m
43. (C.M. 135) Calcaire blanc brunâtre pseudoolithique, un peu dolomitique, à *Vaginella striata* CAROZZI . . . . . 0,20 m
42. Marne blanc-jaune dolomitique 1,00 m
41. (C.M. 134) Calcaire crème grisâtre compact, dolomitique, un peu flammé . . . . . 0,20 m
40. (C.M. 133) Calcaire gris compact sublithographique, très dolomitique, flammé . . . . . 0,90 m
39. (C.M. 132) Calcaire blanc brunâtre compact, très peu dolomitique . 0,40 m
38. Marne blanc-jaune dolomitique . . . . . 0,15 m
37. (C.M. 131) Calcaire gris bleuâtre compact, très dolomitique . . . . . 0,75 m
36. Marne blanc-jaune, rousse à l'altération, dolomitique . . 0,10 m
35. (C.M. 130) Marnocalcaire blanc poussiéreux très dolomitique, flammé 2,15 m
34. (C.M. 129) Calcaire crème pseudoolithique à *Vaginella striata* CAROZZI 1,45 m
33. (C.M. 128) Calcaire blanc rosâtre pseudoolithique grossier . . . . . 3,75 m
32. (C.M. 127) Calcaire blanc brunâtre compact, dolomitique et un peu marneux . . . . . 0,20 m
31. (C.M. 126) Calcaire blanc brunâtre oolithique à *Foraminifères* . . . 0,25 m
30. (C.M. 125) Calcaire blanc grisâtre compact sublithographique . . . 0,40 m
29. (C.M. 124) Calcaire blanc pseudoolithique grossier à *Vaginella striata* CAROZZI. . . . . 0,60 m
28. (C.M. 123) Calcaire beige grisâtre compact, dolomitique . . . . . 0,30 m
27. (C.M. 122) Calcaire blanc pseudoolithique grossier, zoogène . . . . . 0,40 m
26. (C.M. 121) Calcaire crème, bleuâtre au centre, compact, dolomitique . . . . . 0,30 m
25. (C.M. 120) Calcaire beige grisâtre marneux, flammé . . . . . 0,15 m
24. (C.M. 119) Calcaire blanc brunâtre pseudoolithique à *Dasycladacées* . . . . . 0,50 m
23. (C.M. 118) Calcaire marneux, gris, très dolomitique, flammé . . . . . 0,45 m
22. (C.M. 117) Calcaire blanc pseudoolithique, par endroit compact, à *Vaginella striata* CAROZZI. . . . . 0,60 m
21. (C.M. 116) Calcaire marneux, gris, très dolomitique, flammé . . . . . 0,50 m

20. (C.M. 115)	Calcaire blanc brunâtre pseudoolithique et dolomitique	0,60 m
19. (C.M. 114)	Calcaire marneux, gris-brun, très dolomitique, flammé	1,25 m
18. (C.M. 113)	Calcaire blanc brunâtre pseudoolithique	0,65 m
17.	Couvert . . . . . environ	10,00 m
16. (C.M. 112)	Calcaire blanc brunâtre pseudoolithique à *Clypeina jurassica* FAVRE .	2,25 m
15.	Couvert	5,50 m
14. (C.M. 111)	Calcaire blanc brunâtre pseudoolithique, un peu dolomitique, à *Clypeina jurassica* FAVRE	1,10 m
13. (C.M. 110)	Calcaire blanc pseudoolithique recristallisé à *Vaginella striata* CAROZZI (Pl. I, Ph. 3)	0,65 m
12. (C.M. 109–108)	Calcaire blanc bleuâtre pseudoolithique grossier, par endroit compact, dolomitique	1,40 m
11. (C.M. 107–106)	Calcaire blanc brunâtre oolithique à pseudoolithique, grossier, à *Cayeuxia*	2,15 m
10. (C.M. 105)	Calcaire blanc brunâtre oolithique grossier, un peu dolomitique . . .	0,70 m
9. (C.M. 104)	Calcaire beige pseudoolithique grossier, dolomitique	2,00 m
8. (C.M. 103)	Calcaire marneux blanc verdâtre, très dolomitique, flammé (presqu'une dolomite)	2,95 m
7. (C.M. 102)	Calcaire blanc pseudoolithique grossier	1,30 m
6. (C.M. 101)	Calcaire blanc-jaune un peu marneux, dolomitique, flammé	0,50 m
5. (C.M. 100)	Calcaire blanc pur pseudoolithique grossier	0,75 m
4. (C.M. 99)	Calcaire blanc brunâtre oolithique à pseudoolithique grossier à *Cayeuxia*	2,00 m
3. (C.M. 98)	Calcaire blanc-crème pseudoolithique moyen, zoogène	2,10 m
2. (C.M. 97)	Calcaire blanc pseudoolithique, un peu dolomitique à petits galets noirs	0,20 m
1. (C.M. 96)	Calcaire blanc brunâtre pseudoolithique, dolomitique	0,20 m

Micr. (C.M. 96–142): rares petits et minuscules grains de quartz détritique; pseudoolithes et oolithes de taille variée; nombreux rhomboèdres de dolomie secondaire dans les termes dolomitiques; rares galets calcaires; rares grains et amas de pyrite limonitisée.

Organismes: Algues;

abondants: *Vaginella striata* CAROZZI; *Clypeina jurassica* FAVRE; *Salpingoporella annulata*, CAROZZI;

peu abondants: *Cayeuxia piae* RECH-FROLLO; *Cayeuxia moldavica* RECH-FROLLO; *Polygonella incrustata* ELLIOTT; *Cylindroporella arabica* ELL.;

rares: *Actinoporella podolica* ALTH.

Foraminifères:

abondants: *Miliolidés* (*Quinqueloculina*, *Spiroloculina*, *Triloculina*, *Nummoloculina*, *Nautiloculina oolithica* MOHLER); *Textularidés* (*Textularia*, *Verneuilina*);

peu abondants: *Pseudocyclammina lituus* YABE & HANZAWA; *Neotrocholina friburgensis* GUIL. & REICH.;

rares: *Virgulina*; *Eggerella*; *Bigenerina*; *Rotalidés*;

Autres:

Ostracodes; rares *Polypiers* surtout à la base dans les termes non dolomitiques; rares débris d'*Echinodermes*; tests de *Mollusques*; *Gastéropodes*; *Stromatoporoïdes* dans les galets.

Ciment: sparite et micrite en proportion variable pour les termes pseudoolithiques et oolithiques; micrite pour les compacts et micrite calcaréo-argileuse pour les marneux.

On constate que l'association de microfaune est la même que celle du Portlandien inférieur et que *Vaginella striata* CAROZZI y abonde. Sa présence permet de séparer cette série dolomitique de celle du Purbeckien; car elle y disparaît. La série est donc bien portlandienne.

Purbeckien

La limite Portlandien supérieur-Purbeckien se suit d'une façon satisfaisante sur le terrain; car le faciès dolomitique et flammé du Portlandien est peu marneux et dolomitique. Il ne renferme de galets noirs que dans un petit banc à sa base. Le Purbeckien, au contraire, est riche en galets noirs dans certains niveaux; ailleurs il est plus marneux, plus dolomitique et fétide. Ses bancs calcaires sont moins épais et moins nombreux que ceux du Portlandien supérieur; l'apparition des galets noirs et la couleur verdâtre de certains niveaux nous facilitent également l'individualisation de cet étage.

Il forme le replat du sommet de l'anticlinal du Vuache et se poursuit vers le N sous les éboulis à l'E du tunnel du Fort l'Ecluse; il suit le Portlandien supérieur au-dessous de la route forestière les Soies-la Rousse jusqu'à la limite nord de notre territoire. Il forme aussi le replat du chalet de Bizot. On le voit également entre les failles C et D, accompagné du Portlandien supérieur. C'est lui qui forme en grande partie le flanc ouest de l'anticlinal du Grand Crédo; mais les affleurements sont rares, la pente étant recouverte en grande partie par des éboulis. En montant de Confort à Menthières les premiers affleurements au-dessus des éboulis en sont aussi. Enfin les derniers affleurements se voient sur le chemin entre chez Guidi et Sorgia. C'est leur position qui a permis de faire passer les failles C et D par cet endroit; car le Purbeckien est en contact anormal avec le Séquanien.

Aucun affleurement du Grand Crédo ne permet de faire une coupe stratigraphique complète de l'étage. Ils rendent toutefois d'utiles services pour compléter la coupe du sommet du Purbeckien du Vuache. Le seul endroit qui montre le contact Purbeckien-Infravalanginien se trouve sur le flanc normal du synclinal de Boge au bord de la route Confort-Menthières.

Il débute par un niveau conglomératique et se termine par une zone d'alternances de marnes et de marnocalcaires dolomitiques à galets noirs, visibles seulement au bord de la route Confort-

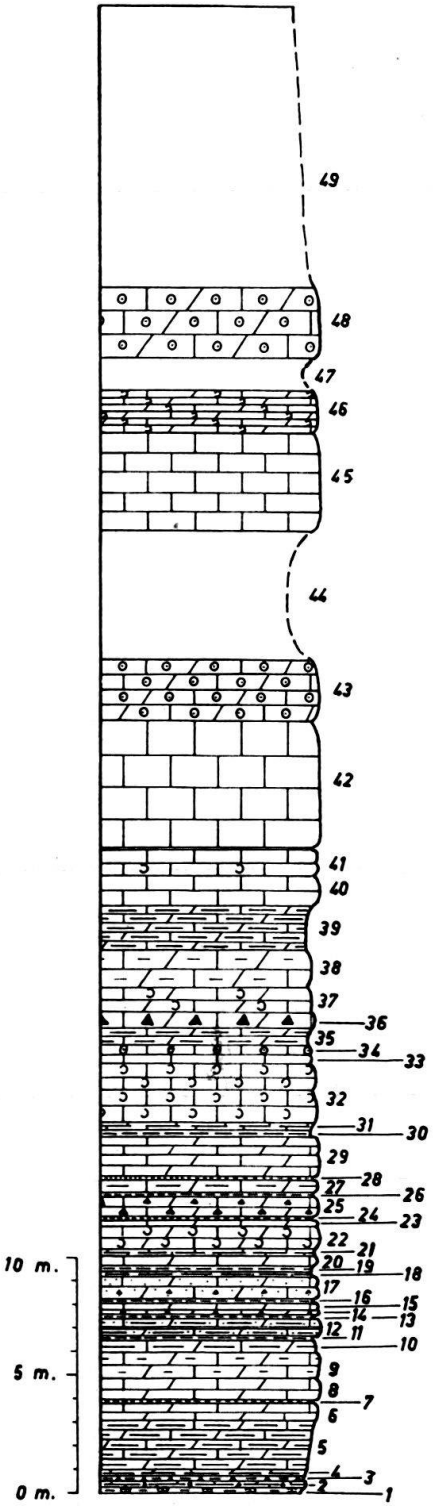

Fig. 6. Purbeckien. Route 508 «a». Vuache.

Menthières. En dehors des limites de notre étude on peut voir cette zone au bord de la route forestière Menthières-chalet de Sorgia-d'en-Haut et au Mont de Musiège au S du Vuache proprement dit (G. SCOLARI, 1955).

C'est la route 508 «a» qui offre la coupe la plus complète (fig. 6). La succession est de haut en bas:

49.	Couvert	12,00 m
	(Alternances de marnes et de marnocalcaires gris dolomitiques à galets multicolores. Synclinal de Boge, Route forestière Menthières-chalet de Sorgia-d'en-Haut et Mont de Musiège (G. SCOLARI).)	
48. (C.M. 183)	Calcaire blanc grisâtre oolithique et dolomitique	3,00 m
47.	Couvert	1,40 m
46. (C.M. 182)	Calcaire blanc grisâtre compact à pseudoolithique, dolomitique, en petits bancs réguliers	1,75 m
45. (C.M. 181)	Calcaire gris clair à vert pâle compact, saumâtre	4,25 m
44.	Couvert	5,50 m
43. (C.M. 180)	Calcaire blanc-beige oolithique, un peu dolomitique, recristallisé, en petits bancs, à *Coprolithus salevensis* PARÉJAS (Pl. II, Ph. 1)	2,60 m
42. (C.M. 179)	Calcaire beige compact, en gros bancs, passant à 41 par une marne blanc-jaune de 5 cm	5,40 m
41. b. (C.M. 178)	Calcaire gris verdâtre compact, un peu schisteux	0,60 m
a. (C.M. 177)	Calcaire gris clair-beige compact à pseudoolithique	0,45 m
40. (C.M. 176)	Calcaire beige compact plus ou moins schisteux	1,30 m
39. (C.M. 175)	Calcaire marneux blanc jaunâtre très dolomitique, en petits bancs réguliers (presqu'une dolomie)	1,90 m
38. (C.M. 174)	Calcaire gris-beige verdâtre, un peu marneux, très dolomitique, à petits galets calcaires	1,55 m
37. (C.M. 173)	Calcaire beige compact à pseudoolithique, un peu dolomitique	1,10 m
36. (C.M. 172)	Calcaire blanc brunâtre à galets multicolores et à *Dasycladacées*	0,65 m
35. (C.M. 171)	Calcaire gris verdâtre marneux, gréseux et un peu dolomitique, zoné (saumâtre)	0,70 m
34. (C.M. 170)	Calcaire beige oolithique à *Dasycladacées* (Pl. II, Ph. 2)	0,40 m
33. (C.M. 169)	Calcaire blanc grisâtre compact, peu flammé	0,35 m
32. b. (C.M. 168)	Calcaire blanc-beige pseudoolithique, zoogène	1,10 m
a. (C.M. 167)	Calcaire blanc brunâtre pseudoolithique, zoogène	1,45 m
31. (C.M. 166)	Marnocalcaire blanc-jaune clair, verdâtre, dolomitique et flammé	0,35 m
30.	Marne blanc jaunâtre à verdâtre dolomitique	0,30 m
29. b. (C.M. 165)	Calcaire blanc jaunâtre compact, très dolomitique	0,80 m
a. (C.M. 164)	Calcaire gris verdâtre compact, dolomitique	0,90 m
28.	Marne jaune clair dolomitique	0,10 m
27. (C.M. 163)	Calcaire blanc grisâtre marneux, très dolomitique, flammé	0,50 m
26. (C.M. 162)	Marne jaune clair très dolomitique, flammée, feuilletée	0,20 m
25. (C.M. 161)	Calcaire gris clair-jaune, flammé, à galets noirs diminuant vers le sommet, marneux à la base	0,75 m
24. (C.M. 160)	Marne gris clair à nodules de calcaire brun	0,10 m
23. (C.M. 159)	Calcaire brun clair compact, un peu dolomitique	0,20 m
22. (C.M. 158)	Calcaire blanc brunâtre pseudoolithique et dolomitique	1,00 m
21. (C.M. 157)	Marnocalcaire jaune clair, très dolomitique, flammé, à galets calcaires	0,25 m
20. (C.M. 156)	Calcaire gris clair verdâtre saccharoïde, dolomitique	0,35 m
19. (C.M. 155)	Marne jaune clair dolomitique, plaquetée et flammée, à petits galets multicolores	0,15 m
18.	Marnocalcaire gris clair dolomitique, flammé	0,20 m
17. b. (C.M. 154)	Calcaire gris-jaune compact, dolomitique, flammé, légèrement gréseux	0,40 m
a. (C.M. 153)	Calcaire gris clair jaunâtre, zoné, dolomitique, flammé, légèrement gréseux, à petits galets noirs	0,50 m

16.	Marne jaune clair à petits nodules de calcaire brun	0,10 m
15. (C.M. 152)	Calcaire gris clair verdâtre compact, peu dolomitique	0,30 m
14. (C.M. 151)	Calcaire gris brun compact à pseudoolithique, dolomitique, à petits galets multicolores	0,15 m
13.	Marne vert pâle à jaune, et gris-bleu, dolomitique, à petits nodules calcaires	0,15 m
12. (C.M. 150)	Calcaire gris-clair jaunâtre, marneux et un peu gréseux, dolomitique. Bancs séparés par des lits de marnes jaunes	0,65 m
11.	Marne grise dolomitique, rousse à l'altération	0,10 m
10. (C.M. 149)	Calcaire marneux gris verdâtre, dolomitique, bleu au centre, un peu flammé	0,50 m
9. (C.M. 148)	Calcaire gris verdâtre à jaunâtre, un peu marneux et gréseux, très dolomitique, en petits bancs réguliers	1,10 m
8. (C.M. 147)	Calcaire gris clair-beige, gris au centre, compact, dolomitique	0,95 m
7.	Marne blanche dolomitique, en petites plaquettes régulières	0,10 m
6. (C.M. 146)	Calcaire gris verdâtre à jaunâtre compact, dolomitique	0,65 m
5. (C.M. 145)	Calcaire marneux jaune clair, très dolomitique, flammé	2,05 m
4.	Marnocalcaire jaune clair dolomitique	0,25 m
3. (C.M. 144)	Marne blanche très dolomitique à petits galets noirs	0,10 m
2. (C.M. 143)	Marnocalcaire gris clair verdâtre à jaunâtre, dolomitique à petits galets noirs	0,20 m
1.	Marne blanc grisâtre dolomitique, à nodules du niveau 49 du Portlandien supérieur et à galets noirs. Niveau conglomératique	0,20 m

Micr. (C.M. 143–183): rares ou nombreux grains de quartz détritique suivant les coupes; peu ou très nombreux rhomboèdres de dolomie secondaire suivant les coupes; pseudoolithes et oolithes suivant les coupes; galets calcaires et sapropéliens; petits grains de pyrite limonitisée. Organismes, généralement peu abondants: *Clypeina parvula* Carozzi; *Coprolithus salevensis* Paréjas; *Salpingoporella annulata* Carozzi; rares *Acicularia elongata* Carozzi; *Miliolidés* (*Quinqueloculina*, *Spiroloculina*, *Nautiloculina oolithica* Mohler); *Textularidés* (*Textularia*); *Buliminidés* (*Virgulina*); *Eggerella*; rares *Rotalidés*; *Ostracodes*; rares tubes d'*Annélides*; *Gastéropodes*; rares débris d'*Echinodermes* dans les termes de la base; *Vaginella* aff. *striata* Carozzi dans certains galets calcaires. Ciment: sparite et micrite en proportion variable pour les termes pseudoolithiques et oolithiques; micrite pour les compacts; micrite calcaréo-argileuse ou argilo-calcaire pour les termes marneux.

On constate donc sous le microscope que la différence de faciès du Purbeckien et du Portlandien est nette. Le Purbeckien du Vuache est constitué en grande partie de formations franchement marines où sont intercalés quelques bancs saumâtres. Nous n'avons pas pu trouver les couches lacustres du niveau 51 de J. P. de Loriol du Vuache (1954, p. 10), ni les *Characées* signalées par cet auteur et par d'autres qui se sont occupés du Jura suisse et français. La subdivision de J. P. de Loriol nous semble donc hypothétique. En adoptant la subdivision de A. Carozzi (1947, p. 9) qui s'applique au domaine du Jura vaudois et de la partie méridionale du Jura neuchâtelois et bernois, on distingue de haut en bas:

2. Couches marines supérieures ou saumâtres (Niv. 40–49)
1. Couches dolomitiques marines inférieures (Niv. 1–39)

Les couches lacustres n'existent donc pas dans notre région.

L'origine des cailloux noirs a été expliquée par E. Joukowsky et J. Favre (1913), H. Potonie (voir Carozzi) et A. Carozzi (1947). Les cailloux ont une origine locale. Les galets calcaires proviennent de bancs sous-jacents souvent voisins, parfois lointains, mais toujours rattachés au même faciès. Les galets sapropéliens ont

une origine lacustre, parfois saumâtre, mais en tout cas pas marine (H. POTONIE, voir A. CAROZZI, 1947, p. 108–109). Nous considérons les galets en question comme les produits de courants de suspension s'écoulant de la zone littorale vers le centre du bassin purbeckien. La cause principale de déclanchement de ces courants doit être l'instabilité tectonique de la zone littorale ou une surcharge locale, ou encore une accumulation instable.

L'apparition des cailloux noirs est précoce. Elle n'est pas un critère pour désigner comme purbeckiennes les couches qui les renferment. Nous avons trouvé un banc de calcaire dolomitique à petits cailloux noirs à la base du Portlandien supérieur. D'ailleurs, TH. RAVEN (1932, p. 44) a déjà signalé des cailloux noirs dans le Bononien. Il a également signalé (op. cit. p. 31) un véritable conglomérat à cailloux noirs ou brunâtres, près du sommet du Kiméridgien.

Terrains Crétacés

CRÉTACÉ INFÉRIEUR OU NÉOCOMIEN

Infravalanginien

Les calcaires qui surmontent les assises purbeckiennes du Jurassique supérieur ont été appelés Berriasien par la plupart des géologues jurassiens. Suivant M. GIGNOUX et L. MORET (1945–1946, p. 64), «On s'accorde généralement (Traités de HAUG et de DE LAPPARENT) à considérer le terme de Berriasien comme synonyme de Valanginien inférieur (ou Infravalanginien); ce n'est donc qu'un sous-étage.»

D'après ces auteurs (op. cit. p. 65), le Valanginien comprend:

1. A la base, zone à *Hoplites boissieri* et *Spiticeras negreli*, Berriasien, équivalente des «marnes à *Toxaster granosus*» et du «Marbre batârd» des faciès jurassiens.
2. Zone à *Hoplites roubaudi* et *Duvalia lata*, correspondant aux «marnes d'Arzier» et aux «calcaires roux de l'Auberson».
3. Zone à *Saynoceras verrucosum* et *Duvalia emerici*, équivalente des «marnes de Villers-le-Lac».

Nous détachons la zone 1 de la subdivision de ces auteurs. Ce sera l'Infravalanginien. Les zones 2 et 3 sont considérées comme Valanginien. On adoptera donc ici le terme d'Infravalanginien qui se place à la base du Valanginien des géologues français.

Dans notre région l'Infravalanginien est épais de 35 mètres. Il forme une crête prononcée dans la morphologie entre les combes purbeckienne et hauterivienne-valanginienne. On l'observe de part et d'autre de la cluse du Rhône au Fort l'Ecluse. Il constitue la première pente plus ou moins raide près du sommet du Vuache. Au Grand Crédo, il affleure sur le versant est, surtout dans les ravins. Son relief est moins accentué dans la morphologie. Sur le versant ouest du Grand Crédo, on le voit affleurer à Picapey. Cet Infravalanginien de Picapey est interrompu par le premier décrochement du ravin qui descend de Varambon. Il reprend en retrait avec un rejet au-dessus du Barrémien de la Charmante. Dans le couloir au S de la Charmante, il est à nouveau décalé par le deuxième décrochement et se voit sur

quelques centaines de mètres avant de disparaître complètement sous les éboulis où il est arrêté par la faille F. C'est la seule formation du flanc ouest de l'anticlinal du Grand Crèdo que l'on puisse suivre nettement. Ses affleurements sont plus ou moins continus. Ils sont un utile repère pour déchiffrer la tectonique locale.

Il forme deux barres calcaires bien distinctes de part et d'autre de l'emplacement de la faille E. La barre supérieure est la réapparition de l'Infravalanginien de Picapey; elle continue vers le S en diminuant d'épaisseur et se perd un peu au N de la Charmante vers le point 900,8. La barre inférieure se trouve sur le flanc inverse du synclinal de Boge et continue en gardant son épaisseur; elle se perd sous le Barrémien de la Charmante. L'Infravalanginien du flanc normal du même synclinal se voit au bord de la route Confort-Menthières.

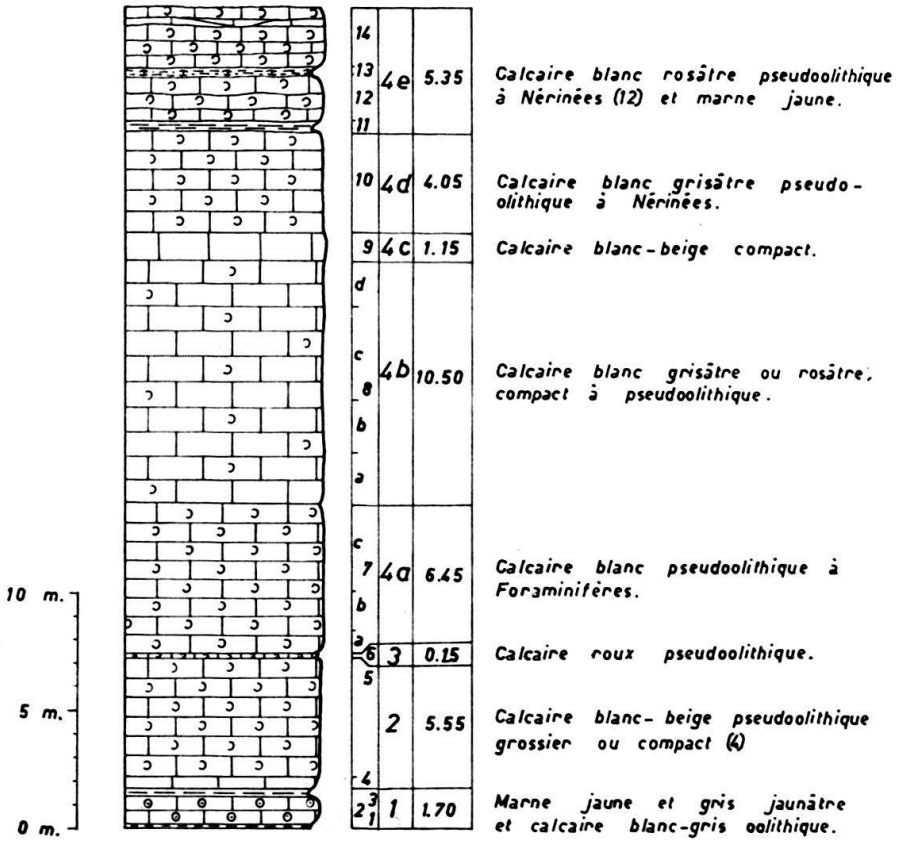

Fig. 7. Infravalanginien. Carrière au bord de la route 508 «a». Vuache.

On voit également réapparaître des affleurements d'Infravalanginien sur la rive droite du ruisseau de Rochefort au N des Rochers de Léaz, grâce aux failles transversales qui ont affaissé ces calcaires.

L'Infravalanginien est constitué par des calcaires pseudoolithiques ou oolithiques, parfois compacts, sublithographiques, beiges à la base et blancs vers le sommet. Il s'y intercale un banc de calcaire roux de 15 cm d'épaisseur et quelques bancs de marnes jaunâtres ou roussâtres.

La coupe que nous avons relevée dans une petite carrière inexploitée actuellement, au bord de la route 508 «a» au Vuache, donne la succession suivante (fig. 7):

14. (C.M. 203 à 205	Calcaire blanc rosâtre pseudoolithique, surface de stratification onduleuse, parfois en bancs lenticulaires	2,60 m
13. (C.M. 202)	Marne jaune roussâtre à rognons de calcaire marneux et gréseux	0,40 m
12. b. (C.M. 201)	Calcaire blanc grisâtre compact sublithographique, noduleux, à *Nérinées*	0,85 m
a. (C.M. 200)	Calcaire blanc-jaune roussâtre peu pseudoolithique, à *Nérinées*. Surface de stratification légèrement onduleuse	1,10 m
11. (C.M. 199)	Marne gréseuse jaune clair dont la base est plus calcaire	0,40 m
10. (C.M. 198)	Calcaire blanc grisâtre pseudoolithique, à *Nérinées*. En bancs réguliers de 0,40 à 1,00 m	4,05 m
9. (C.M. 197)	Calcaire blanc beige compact sublithographique	1,15 m
8. d. (C.M. 196)	Calcaire blanc rosâtre compact à tendance pseudoolithique	2,10 m
c. (C.M. 195)	Calcaire blanc rosâtre compact à pseudoolithique, en gros banc	4,00 m
b. (C.M. 194)	Calcaire blanc grisâtre compact à pseudoolithique	2,20 m
a. (C.M. 193)	Calcaire blanc compact à pseudoolithique à *Foraminifères*	2,20 m
7. c. (C.M. 192)	Calcaire blanc pseudoolithique à *Foraminifères*	3,65 m
b. (C.M. 191)	Calcaire blanc pseudoolithique à *Foraminifères*	1,85 m
a. (C.M. 190)	Calcaire blanc pseudoolithique, zoogène	0,95 m
6. (C.M. 189)	Calcaire roux moyennement pseudoolithique	0,15 m
5. c. (C.M. 188)	Calcaire blanc pseudoolithique moyen à grossier, zoogène (*Miliolidés*)	1,30 m
b. (C.M. 187)	Calcaire blanc-beige pseudoolithique moyen à grossier, zoogène	2,00 m
a. (C.M. 186)	Calcaire blanc-beige pseudoolithique grossier, zoogène	1,70 m
4. (C.M. 185)	Calcaire blanc compact	0,55 m
3.	Marne jaune clair	0,40 m
2. (C.M. 184)	Calcaire blanc-gris oolithique, zoogène	1,10 m
1.	Marne gris jaunâtre	ép. vis. 0,20 m

Micr. (C.M. 184–205): quartz détritique, rare ou abondant; pseudoolithes, oolithes et galets calcaires; rares grains et amas de pyrite limonitisée.
Organismes:
Foraminifères:
abondants: *Miliolidés* (*Quinqueloculina*, *Spiroloculina*, *Triloculina*, *Nummoloculina*, *Nautiloculina oolithica* MOHLER); *Textularidés* (gros *Textularia*); *Trocholina elongata* LEUPOLD; *Neotrocholina elongata* LEUPOLD; *Cossinoconus*.
Peu abondants et rares: *Pseudocyclammina lituus* YABE & HANZAWA; *Virgulina*; *Eggerella*; *Bigenerina*; *Pfenderina* sp.
Algues: *Salpingoporella annulata* CAROZZI; rares *Cylindroporella sugdeni* ELLIOTT; *Polygonella* sp. ELLIOTT; *Clypeina jurassica* FAVRE et *Vaginella* aff. *striata* CAROZZI dans les galets.
Autres: *Ostracodes*; débris d'*Echinodermes*; tubes d'*Annélides*; tests de *Lamellibranches*; *Gastéropodes*.
Ciment: sparite et micrite en proportion variable dans les termes pseudoolithiques et oolithiques; micrite dans les calcaires compacts; micrite argilo-calcaire pour les termes marneux.

Cette série se divise de haut en bas en:

4. e.	Calcaire blanc rosâtre pseudoolithique à *Nérinées* et marne jaune	(Niv. 11–14)	5,35 m
d.	Calcaire blanc grisâtre pseudoolithique à *Nérinées*	(Niv. 10)	4,05 m
c.	Calcaire blanc-beige compact sublithographique	(Niv. 9)	1,15 m
b.	Calcaire blanc grisâtre ou rosâtre compact à pseudoolithique	(Niv. 8)	10,50 m
a.	Calcaire blanc pseudoolithique à *Foraminifères*	(Niv. 7)	6,45 m
3.	Calcaire roux pseudoolithique	(Niv. 6)	0,15 m
2.	Calcaire blanc-beige pseudoolithique ou compact	(Niv. 4–5)	5,55 m
1.	Marnes jaune et gris jaunâtre et calcaire blanc-gris oolithique	(Niv. 1–3)	1,70 m

L'Infravalanginien est très peu marneux, presque toujours clair et pseudoolithique. Le faciès de «marbre batârd» ne se trouve que vers la partie supérieure, dans la subdivision 4 c. Il s'écarte par plus d'un de ses caractère des faciès du

Salève (E. JOUKOWSKY & J. FAVRE, 1913) et de la Dôle (H. LAGOTALA, 1920). Il correspond à la partie supérieure du Valanginien I ou Valanginien inférieur suivant H. SCHARDT (1891, Pl. V).

L'Infravalanginien du Vuache doublerait d'épaisseur vers le S et se présenterait avec deux barres de calcaires blancs, bien distinctes (H. SCHARDT (op. cit.), G. SCOLARI (1955) et A WAGNER, (communication orale et travail de diplôme 1962). En réalité, ces deux barres existent bien dans nos affleurements, mais il est très difficile de les observer à cause de la faible épaisseur des calcaires roux du milieu.

On aura:

c. Calcaires sublithographiques, parfois pseudoolithiques (faciès de marbre bâtard)	(= 4 ci-dessus)	35 m
b. Marnes et calcaires roux	(= 3 ci-dessus)	10–15 m
a. Calcaires beiges pseudoolithiques	(= 2 ci-dessus)	35–40 m

1 ci-dessus manque.

A. WAGNER a observé au Mont de Musiège de l'Infravalanginien à une seule barre, semblable à celui du Vuache nord (de notre région). Il est donc possible de comparer ces deux séries locales, ce qui a des conséquences tectoniques importantes pour la mise en évidence du décrochement.

Valanginien

On a vu (p. 21) que le Valanginien comprendrait, à la base, la zone à *Hoplites roubaudi* et *Duvalia lata*, correspondant aux marnes d'Arzier et aux calcaires de l'Auberson, et au sommet, la zone à *Saynoceras verrucosum* et *Duvalia emerici*, équivalente des marnes de Villers-le-Lac suivant la nomenclature de M. GIGNOUX et L. MORET (1945–1946, p. 65). Au-dessus vient la zone à *Hoplites radiatus* et *H. castellanensis* de l'Hauterivien inférieur correspondant aux marnes d'Hauterive. C'est la base de l'Hauterivien des chaînes jurassiennes.

Le Valanginien débute, au Vuache-Grand Crédo, par les «marnes d'Arzier» qui sont très réduites ou font même défaut. Plus haut, les «calcaires roux de l'Auberson» continuent la série, et nous n'avons jamais pu voir l'équivalent des «marnes de Villers-le-Lac» à cause de la couverture quaternaire.

Le Valanginien, d'une épaisseur de 55 mètres, fait un passage graduel dans la morphologie entre l'arête aiguë de l'Infravalanginien et la combe hauterivienne sur le versant est de la chaîne Grand Crédo-Vuache.

Il affleure à Picapey et au-dessus du Barrémien de la Charmante, près de la faille E dans le petit synclinal que forme l'Infravalanginien du flanc ouest de l'anticlinal du Grand Crédo. On le voit également dans les flancs inverse et normal du synclinal de Boge, respectivement au-dessous de Picapey et le long de la route Confort-Menthières.

Il forme une bande longitudinale entre le tunnel du Petit Crédo et le ruisseau de Rochefort au bord du Rhône, au-dessous du replat hauterivien.

Exploité autrefois, le Valanginien s'observe dans deux carrières où l'on peut facilement l'étudier: l'une au bord de la route 508 «a» au Vuache, l'autre près du tunnel du Fort l'Ecluse en face du croisement des routes Collonges-Bellegarde et Vulbens-Bellegarde. Dans celle-ci nous avons trouvé

Pholadomya elongata MUNSTER,
Terabratules, mal conservés.

Coupe stratigraphique de la carrière du Vuache (fig. 8):

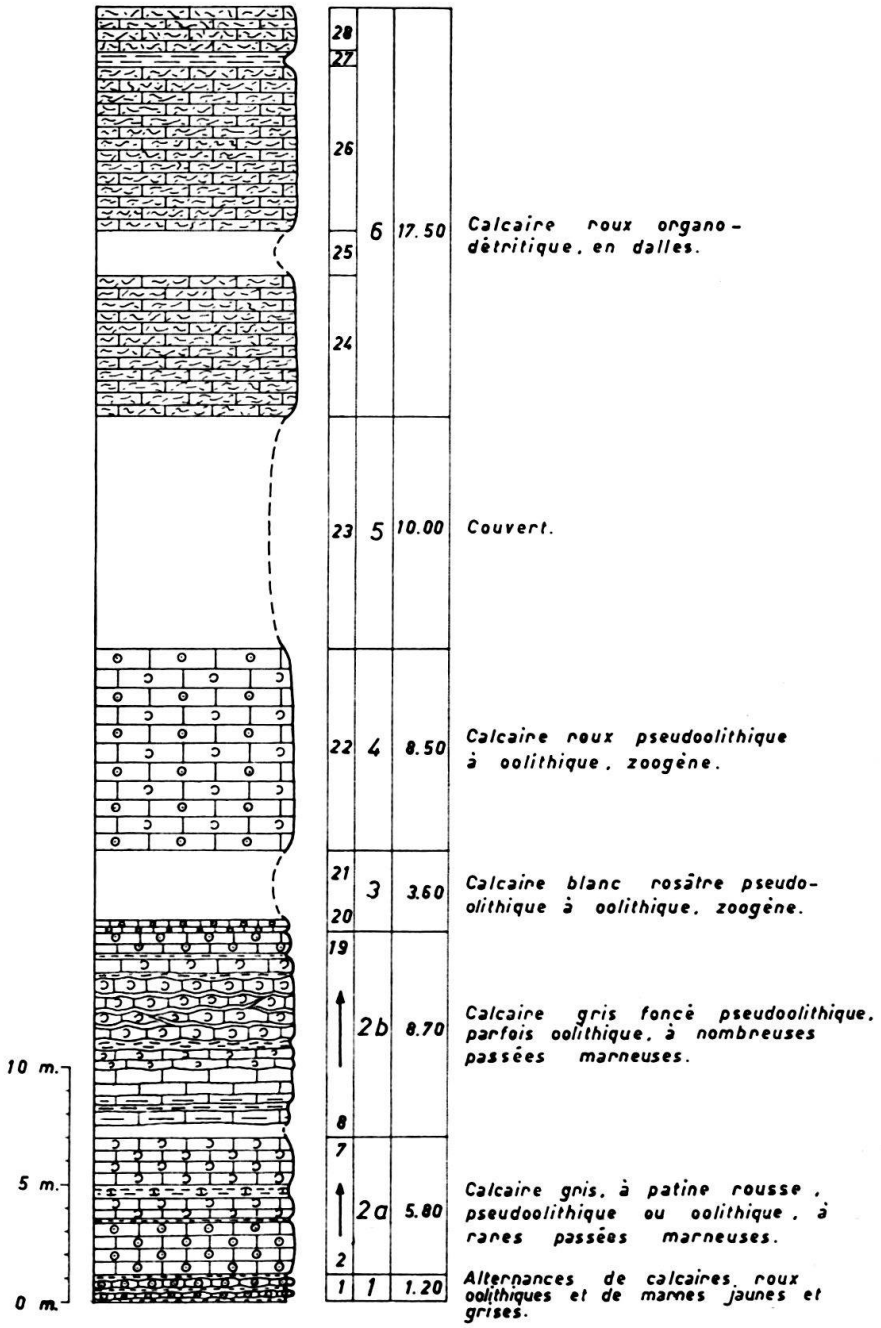

Fig. 8. Valanginien. Route 508 «a». Vuache.

28. (C.M. 227)	Calcaire roux organo-détritique, spathique, en petits bancs. Surface de stratification onduleuse	1,95 m
27.	Marne rousse bien stratifiée.	0,65 m
26. (C.M. 226)	Calcaire roux organo-détritique, en dalles	7,00 m
25.	Couvert	1,90 m

24. (C.M. 225)	Calcaire roux organo-détritique, un peu gréseux, en dalles	6,00 m
23.	Couvert . . . . . environ	10,00 m
22. (C.M. 224)	Calcaire roux pseudoolithique à oolithique, un peu gréseux, zoogène	8,50 m
21.	Couvert	3,00 m
20. (C.M. 223)	Calcaire blanc oolithique à pseudoolithique	0,60 m
19. (C.M. 222)	Calcaire gris foncé, à patine rousse, oolithique	0,95 m
18.	Marne grise à nodules de calcaire gris foncé	0,20 m
17. (C.M. 221)	Calcaire gris foncé pseudoolithique	0,70 m
16. c. (C.M. 220)	Calcaire gris foncé pseudoolithique grossier à passées oolithiques, zoogène, noduleux	1,75 m
b. (C.M. 219)	Marne à nodules de calcaire gris foncé pseudoolithique et un peu gréseux. *Terebratula acuta* QUENSTEDT	0,15 m
a. (C.M. 218)	Calcaire gris foncé pseudoolithique, zoogène, un peu gréseux, noduleux et lenticulaire	1,00 m
15. (C.M. 217)	Calcaire gris foncé pseudoolithique, un peu marneux et gréseux	0,25 m
14.	Marne rousse. *Terebratula salevensis*, DE LORIOL	0,15 m
13. (C.M. 216)	Calcaire roux pseudoolithique, zoogène, en bancs réguliers	1,05 m
12. (C.M. 215)	Calcaire gris foncé pseudoolithique, zoogène, noduleux, pris en sandwich par deux lits de marne grise	0,50 m
11. (C.M. 214)	Calcaire gris compact, en bancs réguliers, marneux à la base où *Terebratula pseudojurensis* LEYMERIE	1,25 m
10.	Marne grise bien stratifiée	0,20 m
9. (C.M. 213)	Calcaire marneux roussâtre. *Terebratula sella* SOWERBY	0,60 m
8.	Couvert	0,60 m
7. (C.M. 212)	Calcaire gris foncé, à patine rousse, peu pseudoolithique, zoogène (à *Actinoporella podolica* ALTH.; Pl. II, Ph. 3)	2,00 m
6.	Marne gris-jaune à rognons de calcaire marneux	0,60 m
5. (C.M. 211)	Calcaire roux pseudoolithique, gréseux, zoogène, par endroit compact. Lits de marne entre les bancs	0,85 m
4. (C.M. 210)	Marnocalcaire roux gréseux	0,15 m
3.	Marne rousse	0,10 m
2. (C.M. 209)	Calcaire roux oolithique à pseudoolithique, gréseux, en gros bancs réguliers	2,10 m
1.	Alternances de calcaires roux oolithiques, noduleux et de marnes jaunes et grises, parfois avec des nodules calcaires	1,20 m

Si l'on fait la coupe détaillée de ce niveau, on a:

g.	Marne jaune	0,10 m
f.	Calcaire roux oolithique, zoogène (C.M. 208)	0,20 m
e.	Marne grise schistoïde à rognons calcaires	0,10 m
d.	Calcaire roux oolithique, zoogène (C.M. 207)	0,25 m
c.	Marne jaune clair	0,15 m
b.	Calcaire roux oolithique, zoogène (C.M. 206)	0,25 m
a.	Marne grise passant au sommet au marnocalcaire	0,15 m

Cette série, représentant probablement les marnes d'Arzier (Valanginien inférieur = Niv. 1) et les calcaires roux de l'Auberson (Valanginien supérieur = Niv. 2–28) correspond à la subdivision 2 (p. 21) de la nomenclature de M. GIGNOUX et L. MORET (1945–1946). Elle peut être divisée de haut en bas en (fig. 8):

6.	Calcaire roux organo-détritique, en dalles	(Niv. 24–28)	17,50 m
5.	Couvert	(Niv. 23)	10,00 m
4.	Calcaire roux pseudoolithique à oolithique, zoogène	(Niv. 22)	8,50 m
3.	Calcaire blanc rosâtre pseudoolithique à oolithique zoogène	(Niv. 20–21)	3,60 m

2. b. Calcaires gris foncé pseudoolithiques, parfois oolithiques, noduleux ou lenticulaires, à nombreuses passées marneuses . . . . . (Niv. 8–19) 8,70 m
a. Calcaires gris foncé pseudoolithiques ou oolithiques, à rares passées marneuses (Niv. 2–7) 5,80 m
1. Alternances de calcaires roux oolithiques et de marnes jaunes et grises . (Niv. 1) 1,20 m

Au point de vue pétrographique, cette série présente deux groupes bien distincts: Groupe I (subdivisions 1 à 4); Groupe II (subdivision 6).

Micr. Groupe I. (C.M. 206–224): rares ou nombreux grains de quartz détritique dans le ciment ou dans les éléments où ils forment parfois des couches concentriques; silice secondaire dans les débris d'*Echinodermes* (C.M. 224); pseudoolithes, oolithes et galets calcaires; pyrite limonitisée en grains isolés ou groupés en agrégats mûriformes, en amas ou en traînées, parfois en grande quantité dans les éléments ou associée au ciment sous forme de petits grains ou de poussières; très rares grains de glauconie. Organismes: débris d'*Echinodermes* (piquants d'*Oursins*, plaques d'*Echinides*, articles de *Crinoïdes*); *Bryozoaires*; *Miliolidés* (*Quinqueloculina*, *Spiroloculina*, rares: *Triloculina*, *Nummoloculina*, *Nautiloculina oolithica* MOHLER); *Textularidés* (*Textularia*, *Marssonella*); *Trocholina elongata* LEUPOLD; *Neotrocholina elongata* LEUPOLD; *Cossinoconus*; *Pfenderina neocomiensis* PFENDER; *Pseudocyclammina lituus* YABE & HANZAWA; rare *Lenticulina nodosa* REUSS; rare *Coskinolina*; rare *Nodosaria*; rare *Virgulina*; *Actinoporella podolica* ALTH (C.M. 212); *Cylindroporella* aff. *sugdeni* ELLIOTT; rares *Macroporella* et *Clavator*; *Ostracodes*; *Inocérames*; tests de *Lamellibranches*; *Gastéropodes*; *Calpionella* déformée à parois trop épaisses dans un galet (C.M. 217). Ciment: sparite et micrite ferrugineuse en proportions variables.

La coupe mince 224 fait le terme de passage entre les deux groupes.

Groupe II. (C.M. 225–227): rares ou nombreux grains de quartz détritique dans le ciment et dans les éléments; silice secondaire épigénisant les débris d'Echinodermes et les tests de Lamellibranches; galets calcaires et quelques oolithes ferrugineuses remaniées; glauconie rare, en grains isolés et surtout dans les tests d'organismes où elle est associée à la pyrite; pyrite limonitisée, abondante, en grains parfois épigénisés par de la calcite, en amas, en traînées ou encore remplissant les loges des organismes.

Organismes:
abondants: débris d'*Echinodermes* (plaques d'*Echinides*, articles de *Crinoïdes*, piquant d'*Oursins*); *Bryozoaires* (*Cheilostomes*, *Cyclostomes* et rarement *Trépostomes*); tests de *Lamellibranches*;
rares: *Lenticulina*; *Textularidés*; *Bigenerina*; *Stromatoporoïdes* dans les galets.
Ciment: sparite et micrite en proportions variables.

Nos subdivisions 1 à 5 correspondent au Valanginien II ou Valanginien supérieur de H. SCHARDT (1891, Pl. V), la subdivision 6 à l'Hauterivien I ou Calcaires à *Ostrea rectangularis* du même auteur. Il est vrai que notre subdivision 6 offre une étroite parenté avec le faciès de la «pierre jaune de Neuchâtel» de l'Hauterivien. Mais sa position au-dessous des marnes d'Hauterive la rattache au Valanginien; car le Valanginien s'arrête à la base des marnes d'Hauterive.

Hauterivien

D'après le «Tableau» de RENEVIER (1873), le nom d'Hauterivien s'applique à un ensemble de deux formations lithologiques distinguées depuis longtemps dans les environs de Neuchâtel:

1. A la base, les «marnes d'Hauterive», riches en *Lamellibranches*, *Brachiopodes* et contenant des *Céphalopodes*.

2. Au sommet, les calcaires jaunes appelés «pierre jaune de Neuchâtel». Ce sont des calcaires oolithiques, spathiques ou lumachelliques. La faune est analogue à celle des formations précédentes, mais moins riche, sans *Céphalopodes*.

Ainsi défini, l'Hauterivien repose à la base sur les calcaires roux de l'Auberson. Au sommet, il est suivi des calcaires jaunâtres de la base du Barrémien.

Suivant la nomenclature de M. Gignoux et L. Moret déjà adoptée pour les autres étages du Crétacé inférieur (1945–1946, p. 68), «la définition rigoureuse de l'Hauterivien résulte de la succession des zones d'Ammonites reconnues dans les régions de faciès bathyal; l'Hauterivien type du Jura neuchâtelois se trouve alors correspondre aux zones suivantes:

a) Hauterivien inférieur: zone à *Hoplites castellanensis* et *H. radiatus*. *Crioceras duvali* est spécialement abondant au sommet dont on fait parfois une sous-zone spéciale à *Crioceras duvali*.

b) Hauterivien supérieur, comprenant à la base, la zone à *Desmoceras sayni* et au sommet, la zone à *Hoplites angulicostatus*.»

Dans notre territoire, l'Hauterivien forme une combe bien marquée dans la morphologie entre les reliefs infravalanginien et barrémien. Cette combe est visible de part et d'autre de la cluse du Rhône. Elle continue au Vuache vers le S formant sur le versant est le replat où se trouve le chalet de Balme. Vers le N, l'Hauterivien forme la première dépression après le relief barrémien lorsqu'on monte de Collonges vers le sommet du Grand Crédo.

Les rares affleurements d'Hauterivien se voient au-dessus du Barrémien de la Charmante. Ils se trouvent sur le flanc ouest de l'anticlinal du Grand Crédo. En montant de Confort à Menthières, on rencontre le long de la route les affleurements de cet étage dans les deux flancs du synclinal de Boge. L'Hauterivien affleure également le long de la Valserine près de Confort.

Il forme une bande longitudinale entre le tunnel du Petit Crédo et le ruisseau de Rochefort, marquant un replat entre le talus du Barrémien et le Rhône; c'est près du tunnel que les affleurements sont visibles.

Enfin les derniers affleurements vers le S se rencontrent dans le bloc néocomien du château d'Arcine.

L'Hauterivien est à peu près identique au type des environs de Neuchâtel. Épais de 92 mètres, il présente les deux formations lithologiques typiques que nous allons étudier séparément:

A la base, Hauterivien inférieur ou marnes d'Hauterive	21,00 m
Au sommet, Hauterivien supérieur ou pierre jaune de Neuchâtel .	71,00 m

Hauterivien inférieur

Il forme le cœur de la combe hauterivienne-valanginienne et ses marnes sont couvertes de terrains erratiques et d'éboulis. Elles n'ont pas été entamées par les tranchées des routes nationales. Le seul affleurement rencontré dans notre territoire se trouve au S de la Balme (sur Chevrier et Vulbens) le long d'un chemin conduisant à Arcine. Bien que cet affleurement ne nous permette pas de lever une coupe stratigraphique complète, comme H. Schardt (1891, p. 67) l'a fait près de Chaumont au S de nos limites, il nous a fourni beaucoup de fossiles grâce auxquels nous avons pu donner un âge précis à cette dépression couverte.

Les fossiles recueillis se trouvent dans les marnes grises et bleues. Ce sont:

Belemnites,
Grands *Céphalopodes*,
Exogyra couloni D'ORBIGNY,
Pholadomya elongata MUNSTER,
Pholadomya semicostata AGASSIZ
Panopea robinaldina D'ORBIGNY,
Panopea arcuata D'ORBIGNY,
Panopea neocomensis D'ORBIGNY,
Astarte gigantea DESHAYES,
Astarte transversa LEYMERIE,
Nucula simplex DESHAYES,
Terebratula praelonga SOWERBY,
Rhynchonella depressa D'ORBIGNY,
Toxaster complanatus SISMONDI,
Toxaster roulani AGASSIZ.

Pour compléter les données stratigraphiques régionales et les comparer aux nôtres, nous reproduisons ci-dessous la coupe que H. SCHARDT (op. cit.) a levée à Chaumont:

4.	Bancs irréguliers de calcaire homogène gris ou jaune, séparés par des lits marneux. *Céphalopodes* et *Ostrea Couloni* rares	6 à 7 m
3.	Marnes bleues, grenues, interrompues par des bancs ou concrétions calcaires de même couleur, qui sont plus rares à la base. Grands *Céphalopodes*	10,00 m
2.	Marne subcompacte, grise, assez homogène, remplie de fossiles	0,50 m
1.	Marne jaune sableuse fossilifère	1,00 m

Notre niveau fossilifère doit correspondre aux niveaux 2 et 3 de cette coupe.

Hauterivien supérieur

Il s'agit des calcaires jaunes ou gris verdâtre, oolithiques ou spathiques et échinodermiques, généralement glauconieux et gréseux. Vers la partie supérieure apparaissent des silex. La base, souvent cachée, est plus marneuse. Le long de la route 508 «a» au Vuache, la coupe est presque complète (fig. 9).

Il ressort de cette coupe stratigraphique que l'Hauterivien supérieur, épais de 71 m, se compose dans la partie supérieure (Niv. 9–13) de calcaires jaune roussâtre oolithiques, noduleux ou lenticulaires, parfois marneux. Vers le milieu (Niv. 4–8) apparaît une zone d'une vingtaine de mètres, couverte, probablement marneuse avec des intercalations de calcaires oolithiques en dalles. De nouvelles zones (Niv. 2) marneuses se trouvent environ 7 m plus bas en dessous d'un niveau (Niv. 3) de calcaire échinodermique, noduleux. Une assise de calcaire spathique (Niv. 1) en dalles régulières, épaisse de 13,50 m, forme la base de cette étage.

H. SCHARDT (1891) place le niveau 13 de la coupe dans le Barrémien, terme par lequel il fait débuter l'Urgonien. Les observations microscopiques, et surtout macroscopiques nous ont amené à maintenir ce niveau dans l'Hauterivien supérieur. En effet, la microfaune se rapproche de celle de l'Hauterivien et macroscopiquement le faciès continue de la manière la plus directe le niveau 12 tout en devenant plus calcaire. La couleur jaune roussâtre est bien marquée et l'apparente au sommet de l'Hauterivien supérieur.

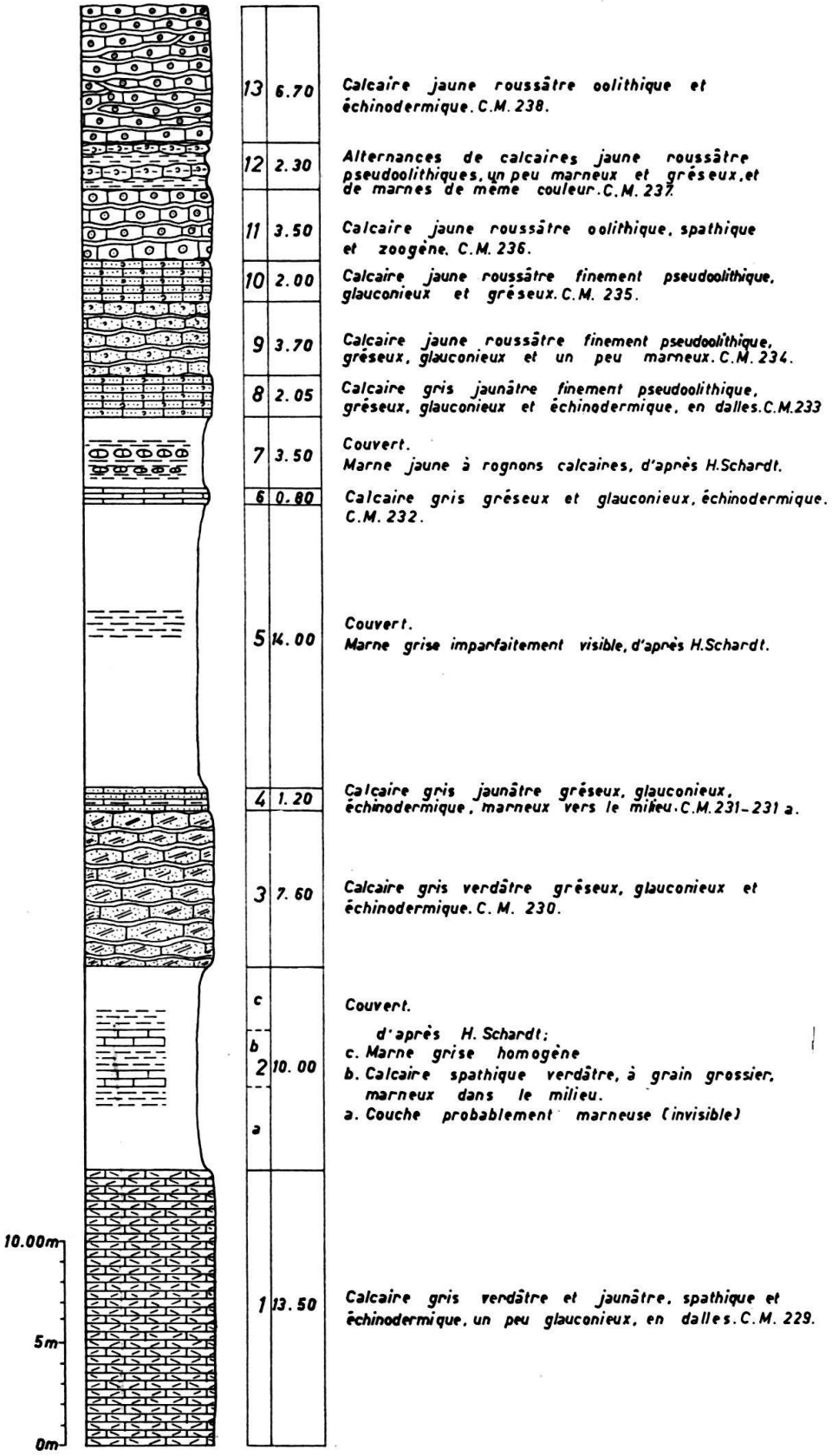

Fig. 9. Hauterivien supérieur. Route 508 «a». Vuache.

Micr. (C.M. 228–238): rares ou nombreux grains de quartz détritique dans le ciment ou dans les éléments; silice secondaire dans les débris d'Echinodermes ou dans les galets calcaires; oolithes simples ou remaniées; pseudoolithes et galets calcaires; rares ou nombreux grains globulaires de glauconie s'altérant parfois en chlorite et en limonite, se trouvant également dans les loges des organismes, souvent associés à la pyrite; pyrite limonitisée en grains isolés ou groupés, en amas, en taînées et surtout remplissant les loges des organismes; limonite dans les éléments; rares chlorites de minerais de fer; rares grains de phosphates.
Organismes: abondants: débris d'*Echinodermes* (plaques d'*Echinides*, articles de *Crinoïdes*, piquants d'*Oursins*); *Bryozoaires* (*Cheilostomes* et *Cyclostomes*); tests de *Lamellibranches*;
peu abondants et rares: *Lenticulina*; *Textularidés* (*Marssonella*, *Textularia*); *Bigenerina*; *Eggerella* ?; *Rotalidés*; *Dentalium* ?; *Gastéropodes* et tubulures de vers.
Ciment: sparite et micrite en proportion variable ou micrite calcaréo-argileuse pour les termes marneux.

Deux coupes stratigraphiques ont été relevées le long du chemin de fer Bellegarde-Genève.

Coupe I. Entrée du tunnel du Fort l'Ecluse:

Barrémien inférieur:

3.	Calcaire blanc jaunâtre pseudoolithique . . . . . environ	10,00 m
2.	Couvert	2,00 m
1. b.	Calcaire blanc jaunâtre très oolithique	1,00 m
a.	Calcaire gris jaunâtre très oolithique	1,00 m

Hauterivien supérieur:

5.	Calcaire jaune-roux très oolithique, grossièrement noduleux. Silex à la base sur une épaisseur de 1,50 m	3,40 m
4.	Calcaire jaune roussâtre finement oolithique, moyennement noduleux, marneux vers le milieu	1,30 m
3.	Calcaire jaune roussâtre, un peu violacé, finement oolithique, grossièrement noduleux, devenant à la base plus marneux et finement noduleux	0,80 m
2.	Marnocalcaire jaune roussâtre oolithique, noduleux. *Janira atava* D'ORBIGNY; *Panopea arcuata* D'ORBIGNY	0,60 m
1.	Calcaire jaune roussâtre oolithique, grossièrement noduleux.	1,00 m

Les niveaux 3, 4, 5 de l'Hauterivien supérieur de cette coupe correspondent au niveau 13 de la coupe de la route 508 «a» du Vuache, et les niveaux 1 et 2, aux 11 et 12 de la même coupe.

Coupe II. Sortie du tunnel du Petit Crédo:

Barrémien inférieur où se trouve la sortie du tunnel:
Calcaire blanc-beige pseudoolithique.

Hauterivien supérieur:

8.	Calcaire jaune roussâtre, gris au centre, oolithique, zoogène, grossièrement noduleux. . . . . environ		6,00 m
7.	Alternances de calcaires gris oolithiques et de marnes grises. *Panopea arcuata* D'ORBIGNY		0,60 m
	e. Marne grise	0,10 m	
	d. Calcaire gris oolithique	0,08 m	
	c. Marne grise	0,07 m	
	b. Calcaire gris oolithique	0,15 m	
	a. Marne grise	0,20 m	
6.	Calcaire jaune roussâtre oolithique, finement noduleux		0,40 m
5.	Calcaire gris roussâtre oolithique, zoogène, grossièrement noduleux		1,60 m
4.	Calcaire jaune roussâtre oolithique		0,40 m

3. Calcaire gris jaunâtre oolithique. Silex à la base. Quelques lits de marne de même couleur vers le sommet . . . . . 0,75 m
2. Calcaire gris roussâtre oolithique, noduleux . . . . . 0,50 m
1. Calcaire gris jaunâtre oolithique, noduleux. Lits de marne entre bancs . . . . . 0,30 m

Si l'on fait un parallèlisme avec la coupe du Vuache, on voit que le niveau 8 de cette coupe correspond au niveau 13 du Vuache; le niveau 7 au niveau 12 et les niveaux de 6 à 1 au niveau 11.

Nous y avons rencontré une petite faille ayant un rejet de 2 m, une direction N 44° W et un pendage de 38° NE. Les couches de l'Hauterivien supérieur font un petit repli.

Les formations hauteriviennes de ce tunnel ont été prises pour du Séquanien par H. VINCIENNE (1930a). Mais les fossiles recueillis et les faciès sont nettement de l'Hauterivien supérieur.

Barrémien

Suivant la nomenclature de M. GIGNOUX et L. MORET (1945–1946, p. 71), le terme «Barrémien» a toujours été employé dans le sens défini par COQUAND. Toutefois, la lacune de l'Urgonien admise par COQUAND dans les Basses-Alpes n'existe pas. Contrairement à ce que croyait cet auteur, l'Urgonien n'est qu'un faciès qui peut envahir ou non, partiellement ou complètement, le Barrémien supérieur ou l'Aptien inférieur.

D'après ces deux auteurs (op. cit.), la définition précise du Barrémien est basée sur la succession des zones d'Ammonites reconnues dans le Sud-Est de la France par W. KILIAN et ses collaborateurs, spécialement dans la montagne de Lure.

Au-dessus de la zone à *Hoplites angulicostatus* du sommet de l'Hauterivien, le Barrémien comprend les zones suivantes:

1. Zone à *Pulchellia pulchella* et *Holcodiscus caillaudianus* (niveau dit de «Combe-Petite», Montagne de Lure, W. KILIAN).

2. Zone à *Heteroceras astierianum* et *Macroscaphites yvani* (niveau dit de «Morteiron», Montagne de Lure).

Au-dessus viendrait la zone à *Hoplites deshayesi* et *Ancyloceras matheroni* de l'Aptien inférieur.

D'après eux (op. cit. p. 74), le Barrémien du Jura a la même constitution que celui des chaînes subalpines septentrionales: à savoir, à la base, un mince complexe, dit «calcaires à Panopées» qui est le Barrémien inférieur; le Barrémien supérieur se trouve à l'état d'Urgonien correspondant seulement à la «masse inférieure» de l'étage urgonien de ces auteurs qui ont reconnu que ce faciès était d'âge barrémien dans le Jura.

Nous divisons le Barrémien en deux (fig. 10):

1. Barrémien inférieur à faciès russillien: Calcaire blanc jaunâtre ou blanc-beige pseudoolithique, zoogène (organo-détritique). 40 à 45 m

2. Barrémien supérieur à faciès urgonien: Calcaire blanc pseudoolithique ou oolithique ou à débris d'organismes, parfois compact, crayeux et craie. *Requienia ammonia* MATH., *Monopleura, Lamellibranches* etc. 60 m

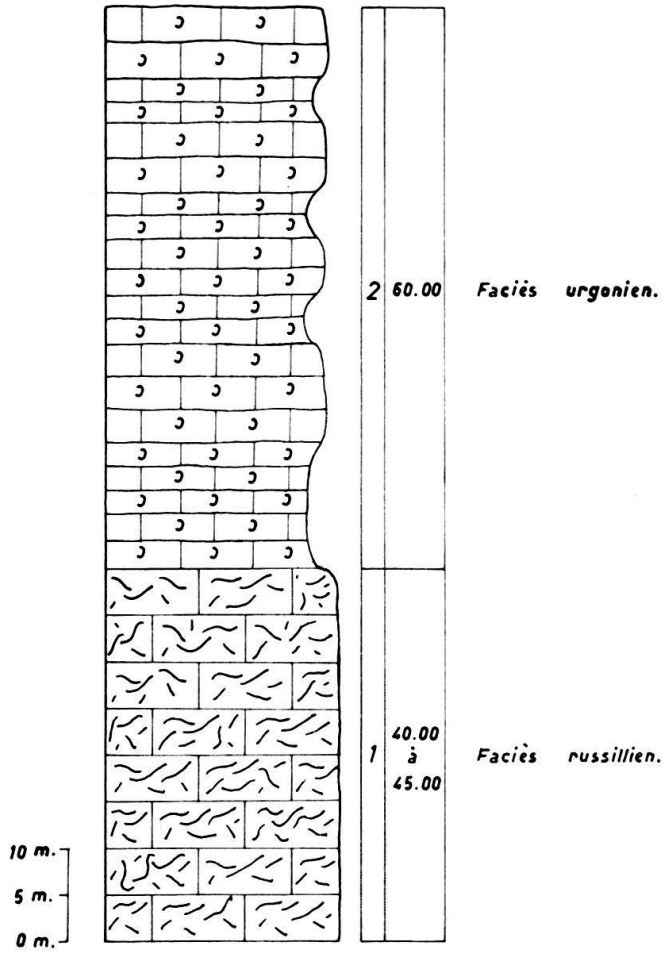

Fig. 10. Barrémien. A travers la chaîne Grand Crédo-Vuache.

C'est généralement le Barrémien inférieur qui affleure dans notre territoire. Associé à quelques bancs du Barrémien supérieur au lieu-dit la Folie près du Pont de Carnot, il forme le premier relief bien marqué au-dessus des dépôts quaternaires que l'on voit depuis la plaine genevoise, notamment de Collonges (Grand Crédo), de Chevrier et de Vulbens (Vuache).

Il forme également le cœur du synclinal couché de Boge, où le Barrémien à faciès urgonien affleure en dehors de notre limite nord.

A la Charmante, la masse glissée est du Barrémien inférieur avec probablement quelques bancs du Barrémien supérieur.

La sortie est du tunnel du Petit Crédo se trouve également dans le Barrémien inférieur; il forme un talus longitudinal jusqu'au ruisseau de Rochefort.

Le Barrémien affleure sur la rive gauche de la Valserine en dessous du plateau morainique de Confort-Lancrans. La Perte de la Valserine est un des rares endroits de notre région qui montre le Barrémien supérieur. C'est là que nous avons recueilli des fossiles, notamment *Requienia ammonia* MATH. qui atteste l'âge barrémien du faciès urgonien. Le Barrémien inférieur se trouve dans le lit même de la Valserine où l'on voit des phénomènes de marmites qui font de la Perte de la Valserine un endroit touristique.

Enfin, les deux divisions du Barrémien se voient dans le bloc néocomien du château d'Arcine, lequel est construit sur le Barrémien inférieur.

1. Barrémien inférieur ou calcaires de la Russille, 40–45 m:

Il a été exploité autrefois pour la pierre de construction, et se trouve dans plusieurs carrières le long du pied du versant est du Grand Crédo (carrières de Collonges) et du Vuache (carrière de Chevrier, au bord de la route 508 «a»). Les carrières de Collonges et celles où se trouvent les bureaux de douane nous ont fourni des *Toxaster oblongus* DE LORIOL; tandis que la carrière de Chevrier offre sans lacune la coupe complète du Barrémien inférieur (fig. 11).

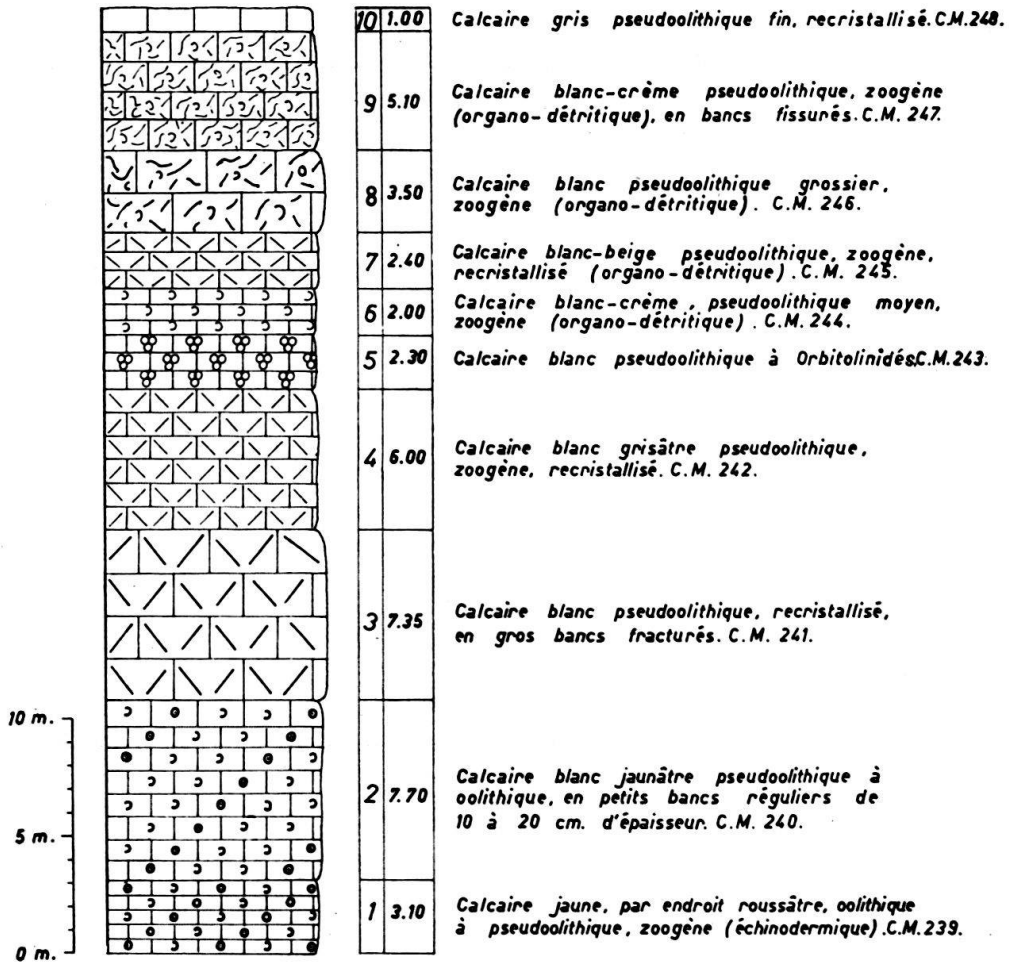

Fig. 11. Barrémien inférieur. Route 508 «a». Vuache.

Micr. (C.M. 239–248): rares grains de quartz détritique, parfois nombreux dans les éléments où ils forment des couches concentriques; pseudoolithes, parfois épigénisées par de la calcite; oolithes et galets calcaires; rares grains et amas de pyrite limonitisée. Organismes: débris d'*Echinodermes*; *Bryozoaires*; *Dictyoconus* sp. aff. *arabicus* HENSON; *Dictyoconus* cf. *walnutensis* CARSEY; *Dictyoconus* cf. nov. sp. ou *Coskinolina sunniladensis elongata* MOULLADE; *Dictyoconus* sp.; *Orbitolinopsis flandrini inflatus* MOULLADE (ex. forme B); *Orbitolinopsis flandrini flandrini* MOULLADE (ex. «forme A»); *Orbitolinopsis* sp. (aff. *kiliani* PREVER); *Noetrocholina friburgensis* GUIL. & REICH.; rares *Miliolidés* (*Quinqueloculina*, *Spiroloculina*), *Textularidés*, *Lenticulina*, *Rotalidés* et *Reophax*; *Salpingoporella Mühlbergii* LORENZ; *Clavator harrisi* PECK; rares *Polypiers* et *Stromatoporoïdes*; tests de *Lamellibranches*; *Gastéropodes*. Ciment: sparite avec micrite en proportion variable.

2. Barrémien supérieur:

Le Barrémien supérieur de la Perte de la Valserine est constitué d'une succession de craies blanches, tendres, avec nombreux débris d'organismes et de calcaires blancs pseudoolithiques, crayeux, plus durs, faisant des saillies, qui surmontent le Barrémien inférieur du lit de la Valserine. Nous y avons récolté, à la base du Barrémien supérieur dans un niveau crayeux, les fossiles suivants:

Requienia ammonia (Goldf.) MATHERON,
Monopleura michaillensis PICTET et CAMPICHE,
Sphaerulites erratica PICTET et CAMPICHE,
Janira deshayesiana D'ORBIGNY,
Lima aff. *robinaldina* D'ORBIGNY,
Pecten, forme lisse,
Coraux,

qui attestent l'âge du Barrémien supérieur.

Les coupes minces des niveaux tendres (C.M. 249) et durs (C.M. 250) montrent sous le microscope: pseudoolithes de taille et de forme variées; rares galets calcaires; rares grains et amas de pyrite limonitisée. Organismes: débris d'*Echinodermes* généralement recristallisés; *Miliolidés* (*Spiroloculina*, *Quinqueloculina*, *Biloculina*?); *Neotrocholina friburgensis* GUIL. & REICH.; *Textularidés*; *Salpingoporella mühlbergii* LORENZ; *Gastéropodes*. Ciment: sparite avec très peu de micrite.

Nous avons examiné une série de coupes minces des échantillons du Barrémien; à savoir, coupes 251 à 261 et 262 à 274 dans le bloc néocomien du château d'Arcine; 275 à 277 dans la bande longitudinale du Barrémien du tunnel du Petit Crédo et 278 à 282 dans le Barrémien de la Charmante. Ces coupes minces présentent une association de faune typiquement barrémienne.

Soit: *Orbitolinidés* (*Dictyoconus walnutensis* CARSEY; *Dictyoconus* cf. D. nov. sp. MAYNC; *Coskinolina sunnilandensis elongata* MOULLADE; *Orbitolinopsis* cf. *kiliani* PREVER); *Salpingoporella mühlbergii* LORENZ; *Neotrocholina friburgensis* GUIL. & REICH.; débris d'*Echinodermes*; *Bryozoaires*; parfois *Clavator harrisi* PECK; avec accessoirement *Miliolidés*, *Textularidés*, *Reophax*, *Polypiers* et rarement *Polygonella* aff. *incrustata* ELLIOTT. Ciment: sparite avec parfois de la micrite.

CRÉTACÉ MOYEN ET SUPÉRIEUR

Les formations aptiennes, albiennes et cénomaniennes, qui affleuraient à la Perte du Rhône, sont actuellement inondées par la retenue du barrage de Génissiat. Avant leur disparition, elles ont été étudiées en détail par AD. JAYET; et pour ne pas laisser de lacune dans notre coupe stratigraphique, nous répétons la coupe simplifiée de cet auteur (1926, p. 164):

4. Cénomanien.	Sables glauconieux à intercalations gréseuses jaunes. *Globigérines*	environ 10,00 m
3. Albien	Grès glauconieux. Riches faunes	7,50 m
2. Aptien.	Grès glauconieux. A la base, calcaires et marnocalcaires. Une intercalation marneuse à *Orbitolina rectangularis*.	22,00 m
1. Urgonien.	Bancs calcaires à *Diplopores* et *Miliolidés*	ép. vis. 12,00 m

Le Sénonien a existé dans la région de Bellegarde; il se trouve en galets recueillis à divers niveaux du complexe éocène. H. VINCIENNE (1938) a examiné les silex

crétacés des «Sables supérieurs de la Perte du Rhône» et a reconnu qu'ils étaient d'âge crétacé supérieur.

Nous n'avons jamais pu trouver les affleurements d'Albien signalés par la carte géologique de la France, feuille Nantua, aux alentours du village de Lancrans et dans le cœur du synclinal de Boge. Pour ce dernier les affleurements mentionnés devraient se trouver en dehors de notre limite nord.

Terrains Tertiaires

Éocène

L'Éocène se présente dans notre région sous deux formes différentes:

1. Remplissage de poches et de fissures: faciès sidérolithique.
2. Grès et sables en grande partie jaunes et blancs: formations terrigènes fluvio-lacustres.

1. Sidérolithique

Il s'agit d'un dépôt de produit de décalcification des terres émergées dans un climat aride. Il se compose de grès et de sables jaunes et rouges, riches en oxydes de fer, mêlés d'argile. Ce Sidérolithique se trouve sous forme de remplissage des poches ou des fissures.

Sous forme de poches, il se trouve dans le relief barrémien qui longe le pied du Grand Crédo et du Vuache. Dans les carrières près du village de Collonges, au Grand Crédo, on a une première poche sidérolithique dans les calcaires barrémiens. En descendant de Collonges vers le tunnel du Fort l'Ecluse, une autre poche sidérolithique affleure au bord de la route nationale environ 200 m avant le bureau de douane.

Au Vuache, la carrière de Chevrier se trouve au bord de la route 508 «a» au point où la route touche et longe les parois barrémiennes. Elle offre un des plus beaux exemples de gisements sidérolithiques. Il s'agit d'une poche de 2 m de diamètre où la succession s'établit, de l'extérieur vers l'intérieur, de la façon suivante:

1. Zone noire	0,10 m
2. Zone jaune avec des fragments de calcaire	0,10 m
3. Zone rouge violacé avec des minéraux des argiles	0,11 m
4. Zone brun foncé avec des minéraux des argiles	0,10 m
5. Zone blanc verdâtre devenant orangée par l'altération de la glauconie	0,15 m
6. Zone jaune, orangée, violacée, formée de sables et de grès	Au centre

On y voit des alternances de minces lits alternativement plus argileux et plus sableux. Ces alternances ne sont pas dues à une stratification, mais à une véritable texture fluidale d'écoulement où les filets ont une allure capricieuse.

J. P. Vernet et A. Gautier (1962, p. 2) ont étudié les minéraux argileux et ont trouvé de l'halloysite bleue récélant de l'allophane en impuretés.

Le remplissage des fissures est bien visible dans les formations du Portlandien supérieur le long de la route forestière les Soies-la Rousse sur le versant est du Grand Crédo. Il s'agit là également des sables et grès rouge orangé, parfois violacés, exactement pareils à ceux du remplissage des grandes poches.

H. SCHARDT (1891, p. 66) croyait qu'il s'agissait d'un remplissage per ascensum. Il parlait de «filons». Actuellement, il est partout admis et démontré que ces dépôts sidérolithiques sont des formations continentales de climat aride. Ils résultent du remplissage descendant du karst éocène par les produits de lessivage et de décalcification.

Nous plaçons le Sidérolithique dans l'Éocène comme nos prédécesseurs.

Un autre type de remplissage de fissures consiste en un grès blanc verdâtre, glauconieux, dans le complexe kiméridgien au bord de la route 508 «a» au-dessus du viaduc de Longeray. Nous en avons déjà parlé brièvement au chapitre du Kiméridgien. Il se rapproche par sa composition pétrographique des formations oligocènes (aquitaniennes). Comme M. GIGNOUX et L. MORET (1939, p. 140) le pensent pour la région de Génissiat, il semble que ce remplissage soit postérieur au Sidérolithique éocène et qu'il appartienne à un autre système de karst. La présence de mica dans ces grès est une preuve en faveur de cette manière de voir suivant les idées de E. JOUKOWSKY et J. FAVRE (1913, p. 348).

En l'absence d'arguments précis, nous plaçons ces grès glauconieux, comme J. P. DE LORIOL (1954, p. 13) l'a fait, dans l'Éocène par leur mode de formation et par leur aspect extérieur qui se rapproche des grès blancs sidérolithiques d'âge éocène du Salève (E. JOUKOWSKY et J. FAVRE, op. cit. p. 347). Mais nous nous séparons de lui en ce qui concerne leur âge pour les raisons mentionnées ci-dessus.

2. Formations terrigènes fluvio-lacustres:

Elles se trouvent uniquement à l'ancienne Perte du Rhône en amont de Bellegarde et affleurent sur les deux rives du Rhône.

La limite inférieure de ces formations est très délicate à établir comme AD. JAYET l'a fait remarquer (1926, p. 194). Car, la base de l'Éocène et les formations cénomaniennes, elles aussi, sont constituées de grès glauconieux. Seule la faune microscopique et une zone de marne gréseuse verte de 30 cm d'épaisseur qui était visible autrefois en certains endroits, peuvent permettre une séparation sur le terrain. Nous verrons plus loin qu'en l'absence de ces deux arguments, une étude pétrographique nous a permis de les séparer.

La limite supérieure est très nette. On peut la suivre sur la rive gauche du Rhône, dans le ravin du Barrage. On voit là les sables éocènes montrer, au contact avec l'Aquitanien, une zone d'altération jaune-roux, violacée ou brune de quelques cm d'épaisseur dont la surface est irrégulière.

Conformément aux auteurs qui ont étudié la Perte du Rhône (AD. JAYET, 1926 et H. VINCIENNE, 1938), la vallée de Bellegarde (H. DOUXAMI, 1896 et 1901) et les formations analogues des régions limitrophes et plus au S (L. MORET, 1925), l'Éocène se compose de sable et grès généralement blancs ou jaunâtres avec silex à peine roulés. C'est sur la rive gauche du Rhône dans le ravin du Barrage près de la ferme du Dos à l'Ane (ou Doualane) que l'Éocène offre une coupe complète (fig. 12).

Micr. (C.M. 285–297): quartz détritique, très abondant, en grains arrondis ou subarrondis, rarement anguleux ou subanguleux, généralement de grande taille, souvent cassés, rongés par le ciment, généralement ne se touchant pas, renfermant des inclusions; accroisse-

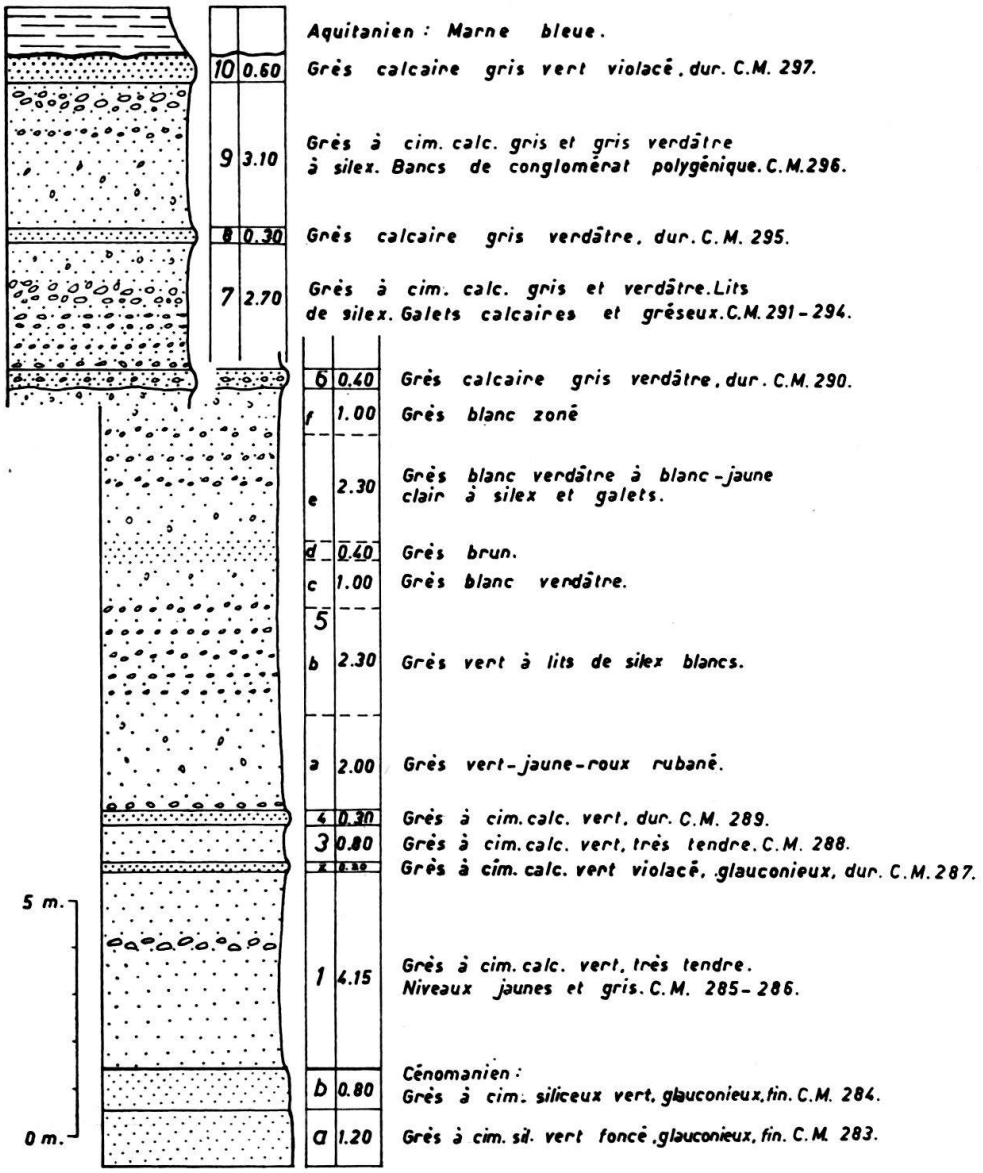

Fig. 12. Éocène. Ravin du Barrage, près de Bellegarde. Rive gauche du Rhône.

ments secondaires du quartz autour de certains grains de quartz détritique; feldspaths, rares ou peu nombreux; galets de grès; glauconie, rare ou peu abondante (C.M. 287–288); rares lamelles de muscovite et de biotite s'altérant en chlorite; pyrite généralement limonitisée en grains et en amas; rares grains de phosphates, de tourmaline, de zircon, d'épidote et de chlorite. Organismes: manquent dans le ciment. *Globigérines* dans les galets et *Inocérames* à l'état de galets dans le ciment. Ciment: micrite et sparite en proportion variable.

Les coupes minces du Cénomanien (C.M. 283–284) montrent: quartz détritique, abondant, en grains généralement anguleux ou subanguleux, rarement subarrondis, de petite taille, souvent cassés, rongés par le ciment, ne se touchant pas; glauconie, abondante, en grains globulaires isolés ou groupés, souvent associés à la pyrite, s'altérant parfois en biotite et en chlorite; nombreuses lamelles de muscovite; rares tourmaline, épidote, zircon; pyrite, généralement limonitisée, en grains, en amas ou en traînées. Organismes: manquent. Ciment: silice amorphe.

Il ressort de ces examens microscopiques que les coupes de l'Éocène se composent de gros grains roulés ou parfois subanguleux de quartz détritique de taille

plus ou moins stable et de rares feldspaths. Les micas et surtout la glauconnie, à part le niveau 2, ne s'y trouvent que comme minéraux accessoires. Tandis que dans les coupes du Cénomanien le quartz est de petite taille et généralement anguleux. On n'y voit jamais de gros grains roulés et de feldspaths. La glauconie en devient un élément constitutif et les micas sont plus nombreux. Or, comme nous l'avons remarqué au début de ce chapitre, une séparation pétrographique est possible. Ceci a déjà été signalé par Ad. Jayet (1926, p. 195). Nous plaçons donc ces deux niveaux dans le Cénomanien. Ils ne sont visibles au bord du Rhône que lorsque le niveau du lac du barrage de Génissiat s'abaisse.

Les silex ont été étudiés en détail par H. Vincienne (1938). La microfaune rencontrée par cet auteur et par Ad. Jayet (op. cit. p. 196) atteste leur âge sénonien. Ils sont à l'état de fragments blancs, peu roulés, souvent anguleux, généralement de petite taille, résultant probablement du morcellement de rognons plus volumineux. Les galets gréseux et glauconieux semblent appartenir, selon nos prédécesseurs, au Crétacé moyen et supérieur, et même à l'Éocène lui-même. En tout cas, ils proviennent de la démolition des dépôts primitivement sous-jacents.

Nous n'avons pas pu trouver de fossiles tant microscopiques que macroscopiques. Cependant, Ad. Jayet (op. cit. p. 196) signale de nombreux Hélix et un fragment d'os de Mammifère dans son niveau 45 qui correspond à notre niveau 6.

Toutefois, les auteurs émettent des doutes au sujet de leur âge. Déjà en 1896 et 1901 H. Douxami a reconnu le caractère continental de ces formations. Il les attribue à l'Éocène moyen et supérieur par analogie avec des dépôts tertiaires que l'on rencontre dans la vallée de Couz au S de Chambéry et aux Déserts. Ad. Jayet (op. cit. p. 197) les place également dans l'Éocène tout en soulignant qu'«il est possible que les niveaux groupés ici représentent non seulement l'Éocène, en tout ou partie, mais peut-être encore une partie de l'Oligocène». Plus tard, H. Vincienne (op. cit. p. 257) écrit à propos de l'âge de ces formations: «Toutefois, par analogie d'autres séries de la région, qui m'ont fourni quelques fossiles stampiens j'ai tendance à attribuer les «Sables supérieurs», non à l'Éocène, mais à l'Oligocène». M. Gignoux et L. Moret (1939, p. 140) qui ont étudié les formations analogues à l'emplacement du barrage de Génissiat, se montrent également sceptiques. Ils pensent qu'«en l'absence de documents paléontologiques, on peut se demander, ici comme à Bellegarde, si ces couches de base ne représentent pas déjà l'Oligocène, et même un Oligocène marin».

On voit combien il est difficile de fixer, avec certitude, l'âge de ces formations. Le manque général de fossiles empêche toute détermination précise. Par analogie de faciès et conformément aux points de vue de nos prédécesseurs, nous pensons que ces formations représentent l'Éocène et probablement une partie de l'Oligocène.

Aquitanien

L'Aquitanien comprend, dans la région de la Perte du Rhône, une trentaine de mètres de marnes, de marnocalcaires, de calcaires plus ou moins gréseux et de grès. La teinte de ces dépôts est variable: grise, bleue, verdâtre, violacée, rouge, brune, jaune. La région de la Perte du Rhône seule, ne permet pas de déterminer l'âge de ces formations en grande partie marneuses, car elles sont très pauvres en fossiles.

Nous n'avons jamais trouvé de fossiles tant microscopiques que macroscopiques. La découverte d'ossements de mammifère dans la région de Pyrimont-Challonges, au S de Bellegarde, a permis à H. Douxami (1901, p. 3) et à Ch. Depéret (1902, p. 90) de dater de l'Aquitanien les marnes bleues de même position stratigraphique que celles de la Perte du Rhône.

La limite inférieure, comme nous l'avons vu au chapitre précédent, est marquée par une surface d'altération irrégulière dans le ravin du Barrage. La transgression marine miocène (burdigalienne) marque la limite supérieure de l'Aquitanien.

L'Aquitanien affleure sur la rive gauche et droite du Rhône, respectivement dans le ravin du Barrage et au-dessous de la ferme du Dos à l'Ane sous la barre molassique burdigalienne, et dans le ruisseau de Nanbin entre la route nationale de Collonges-Bellegarde et le Rhône où il continue vers l'amont jusqu'au niveau du village de Vanchy. Les affleurements signalés par la carte géologique de la France au 1/80000, feuille Nantua, dans la région de la Platière et de Bange au SE des Rochers de Léaz, n'existent pas. Ici tout est recouvert par les dépôts glaciaires. De rares affleurements visibles à l'W de Bange et de la Platière sont du Burdigalien.

Dans le ravin du Barrage, comme sur la rive droite du Rhône juste en face de ce ravin, où la surface de contact Aquitanien-Éocène est bien marquée, la coupe stratigraphique de l'Aquitanien se présente de la manière suivante:

	Terre végétale et moraine	
10.	Marnocalcaire gris-bleu noduleux	0,50 m
9.	Marne gris bleuâtre avec bancs de marnocalcaires dans la partie supérieure	2,00 m
8.	Marnocalcaire gris-vert clair noduleux	0,50 m
7.	Alternances de marnocalcaires gris-vert clair et de marnes bleues ou rouges	1,80 m
6.	Marne gris-bleu	1,20 m
5.	Marnocalcaire gris-vert clair, noduleux, bitumineux	0,50 m
4.	Marne vert-bleu foncé à nodules de marnocalcaire	1,30 m
3.	Marne gréseuse bleue	0,60 m
2.	Marne grise et marne rouge	1,40 m
1.	Marne bleue	1,00 m
	Surface de contact irrégulière avec forte coloration brune ou rouge violacé.	
	Eocène	niveau 10

L'Aquitanien présente une coupe plus complète à 200 m plus à l'E au-dessous de la ferme du Dos à l'Ane sous les formations marines burdigaliennes (fig. 13):

	Burdigalien — Conglomérat de base	
38. (C.M. 323)	Marnocalcaire vert un peu gréseux, noduleux	0,45 m
37. (C.M. 322)	Calcaire marneux gris-vert violacé, gréseux, noduleux	1,50 m
36. (C.M. 321)	Marne gréseuse gris verdâtre. Tâches rousses ou violacées sur la surface d'altération	1,00 m
35.	Couvert	environ 4,50 m
34. (C.M. 320)	Calcaire blanc verdâtre, noduleux, bitumineux, devenant roussâtre à l'altération. Matériel rouge violacé sur la surface d'altération (d'eau douce)	2,50 m
33.	Marne gréseuse vert-bleu, devenant rousse, jaune ou brune à l'altération	3,00 m
32. (C.M. 319)	Calcaire blanc-vert clair, noduleux, bitumineux, un peu gréseux, roux à l'altération. Lits marneux dans la partie inférieure	1,50 m
31. (C.M. 318)	Alternances de marnes et de marnocalcaires vert-bleu foncé, noduleux, un peu gréseux	1,20 m
30.	Marne vert-bleu foncé	0,30 m

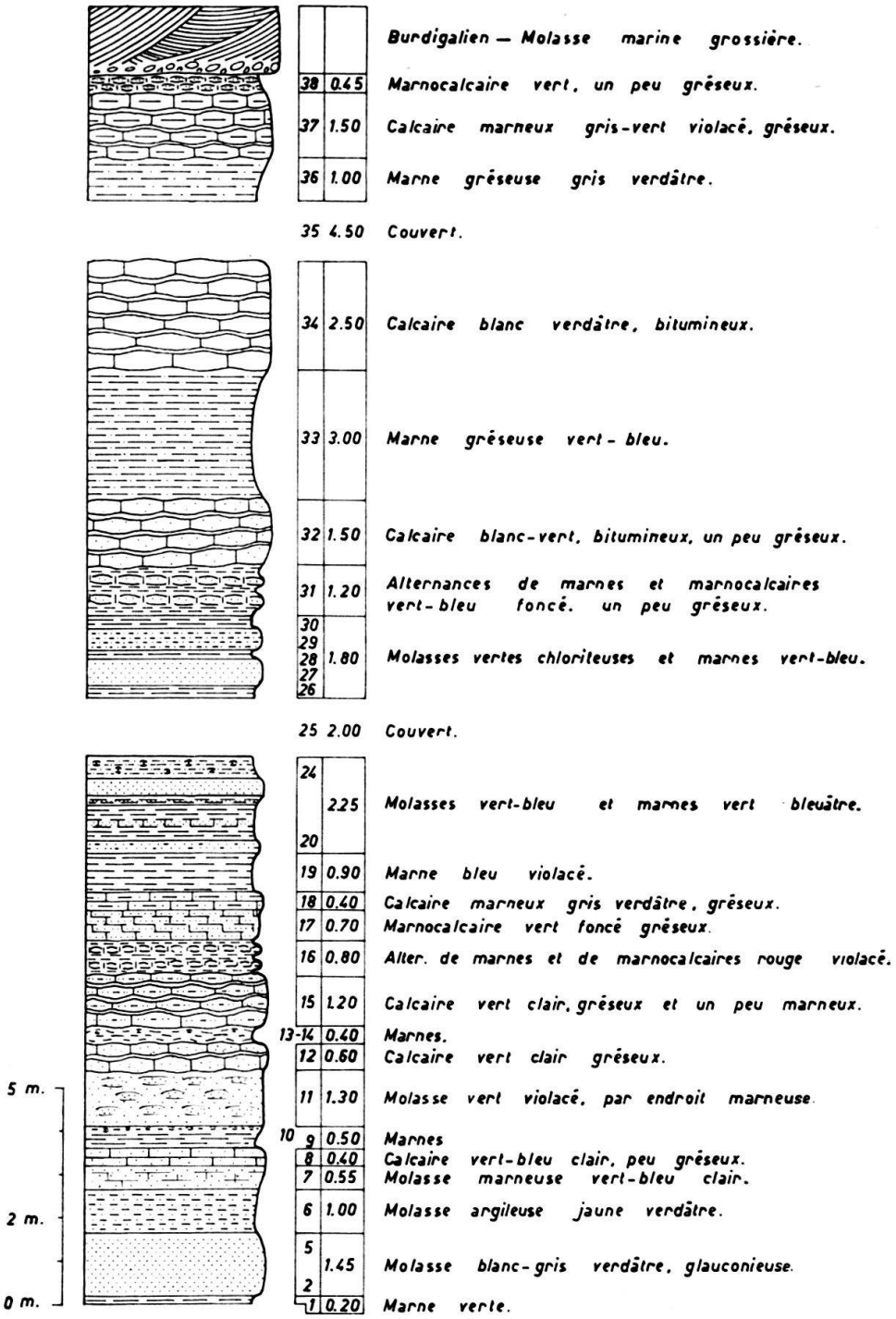

Fig. 13. Aquitanien. Au-dessous de Dos à l'Ane. Rive gauche du Rhône.

29. (C.M. 317)	Grès calcaire feldspathique, chloriteux (glauconieux), vert foncé, un peu marneux (intermédiaire entre 318 et 316)		0,40 m
28.	Marne vert-bleu		0,20 m
27. (C.M. 316)	Grès feldspathique à ciment calcaire vert, chloriteux (glauconieux), devenant brun à l'altération		0,60 m
26.	Marne verte sous les éboulis	ép. vis.	0,30 m
25.	Couvert	environ	2,00 m

24. (C.M. 315)	Marne gréseuse bleu violacé, rousse à l'altération, à nodules de marnocalcaire de même couleur	0,50 m
23. (C.M. 314)	Grés feldspathique à ciment calcaire, vert-bleu clair	0,40 m
22. (C.M. 313)	Marne gréseuse vert-bleu avec intercalation de grès feldspathique calcaire, un peu marneux	0,25 m
21. (C.M. 312)	Marne vert bleuâtre foncé avec intercalations de marnes brune et vert et violacé et de marnocalcaires rouge violacé, gréseux	0,80 m
20. (C.M. 311)	Grès feldspathique à ciment calcaire, vert-bleu, chloriteux (glauconieux), très peu marneux	0,30 m
19.	Marne bleu violacé	0,90 m
18. (C.M. 310)	Calcaire marneux gris verdâtre, clair, gréseux	0,40 m
17. (C.M. 309)	Marnocalcaire vert foncé, gréseux, avec taches rousses	0,70 m
16. (C.M. 308)	Alternances de marnes et de marnocalcaires noduleux, rouge violacé	0,80 m
15. (C.M. 307)	Calcaire vert clair, gréseux et un peu marneux, noduleux et schisteux	1,20 m
14.	Marne brun verdâtre	0,20 m
13.	Marne rouge violacé, noduleuse	0,20 m
12. (C.M. 306)	Calcaire vert clair, par endroit violacé, gréseux	0,60 m
11. (C.M. 305)	Grès calcaire feldspathique, par endroit marneux, vert violacé, noduleux	1,30 m
10.	Marne rouge violacé, noduleuse	0,20 m
9.	Marne vert brunâtre	0,30 m
8. (C.M. 304)	Calcaire vert-bleu clair, légèrement gréseux	0,40 m
7. (C.M. 303)	Grès calcaire marneux, peu feldspathique, vert-bleu clair. (Terme de passage entre un grès calcaire marneux et calcaire marneux, gréseux)	0,55 m
6. (C.M. 302)	Grès feldspathique à ciment calcaréo-argileux, jaune verdâtre, glauconieux, tendre. Forte concentration de la glauconie par endroit. Peu de ciment	1,00 m
5. (C.M. 301)	Grès feldspathique à ciment calcaire, blanc-gris verdâtre, glauconieux, dur	0,50 m
4. (C.M. 300)	Grès feldspathique à ciment calcaire, blanc verdâtre, glauconieux, assez dur	0,35 m
3. (C.M. 299)	Grès calcaire marneux, feldspathique, gris-vert clair, glauconieux, tendre	0,30 m
2. (C.M. 298)	Grès feldspathique à ciment calcaire, gris-vert clair, glauconieux, assez dur	0,30 m
1.	Marne verte ép. vis.	0,20 m
	Niveau du Rhône	

Sous le microscope, les termes molassiques présentent: quartz détritique, abondant, en grains de taille variée, généralement de taille petite et moyenne, anguleux, subanguleux, subarrondis ou rarement arrondis, parfois allongés, rongés par le ciment, renfermant des inclusions; accroissement secondaire du quartz; feldspaths, parfois séricitisés ou en voie de séricitisation; glauconie en nombreux grains globulaires, s'altérant souvent en biotite et surtout en chlorite, épigénisant parfois certains feldspaths suivant les plans de clivage; rares lamelles de muscovite; rares galets de grès; pyrite en grains isolés ou associés à de la glauconie et ses dérivés; rares grains de phosphate; tourmaline et épidote, rares. Organismes: manquent dans le ciment; *Inocérames* à l'état de fragments. Ciment: sparite ou micrite; ou encore les deux en proportion variable.

Les termes calcaires et marnocalcaires montrent également tous ces minéraux; mais leur quantité est moindre.

On peut diviser grossièrement cette coupe en deux parties:

b. Partie supérieure: Marnes, marnocalcaires, calcaires, en général gréseux (Niv. 30–38)

a. Partie inférieure: constituée en grande partie des grès molassiques (Niv. 1–29)

Si l'on compare cette coupe avec celle du ravin du Barrage, à environ 200 m plus à l'W, on s'aperçoit que la partie inférieure (a) manque dans la seconde, et que les marnes et marnocalcaires de l'Aquitanien de cet endroit reposent directement sur les formations éocènes. Ces marnes et marnocalcaires aquitaniens correspondent à la partie supérieure de l'Aquitanien au-dessous du Dos à l'Ane (Niv. 35–38) et ne représentent donc pas l'Aquitanien inférieur comme Ad. Jayet (1926, p. 198) le pensait. Car, elles se trouvent à la même altitude que la partie (b). Comme les rares affleurements visibles entre ces deux endroits en témoignent, il n'y a pas d'accident tectonique qui ait pu soulever une partie par rapport à l'autre. La surface de contact Aquitanien-Éocène ne se voit pas à cet endroit. Elle doit se trouver plus bas au-dessous du niveau du Rhône.

Ainsi il est clair que l'Aquitanien change d'épaisseur sur cette petite distance. Les grès molassiques de la partie (a) se terminent en biseau vers le ravin du Barrage. Ceci met en évidence une émersion post-éocène et anté-aquitanienne dans cette région. Plus à l'W, Ad. Jayet (op. cit. p. 200) signale que le Burdigalien repose directement sur l'Éocène le long de la route de Vauglène dans les environs de Bellegarde, et que l'Aquitanien n'a pas partout la même épaisseur. Les formations éocènes étaient donc soumises à une érosion continentale ainsi qu'en témoigne le matériel brun, rouge violacé de la surface de contact. En même temps se déposaient les formations molassiques à l'E de cet endroit, au-dessous du Dos à l'Ane.

On peut toutefois attribuer un âge intermédiaire, probablement Chattien, à la partie inférieure de ces formations (partie molassique). Mais il n'y a pas de différences marquées de sédimentation entre les deux parties, a et b. Les minéraux détritiques sont de même grandeur et de même nature, et ils ont les mêmes contours. Les termes calcaires de la partie supérieure contiennent également des feldspaths détritiques. La différence provient de la quantité des apports détritiques par rapport au ciment. La sédimentation devient plus calcaire vers la partie supérieure (partie b) tout en restant détritique.

En l'absence de tout document paléontologique, c'est par analogie de faciès que nous placerons, sous toutes réserves, cette partie molassique inférieure dans l'Aquitanien.

Burdigalien

Le Burdigalien est très nettement transgressif; il est représenté par un puissant ensemble de plus de 200 mètres d'épaisseur de grès molassiques jaunâtres et grisâtres alternant souvent avec des lits marneux. Des grès plus grossiers apparaissent dans la série avec des lits conglomératiques fossilifères. Ils sont au nombre de trois. Le premier banc se trouve à la base et forme sur la rive gauche du Rhône une barre dure bien marquée au-dessous de la ferme du Dos à l'Ane; elle continue jusqu'au-dessous du lieu-dit la Pierre, où elle touche le Rhône et disparaît. La même barre affleure sur la rive droite du Rhône au bord de la route 84 (Collonges-Bellegarde) près de Coupy et continue vers l'amont au-dessous de cette route. Elle surmonte les formations aquitaniennes comme sur la rive opposée, jusqu'au même niveau que la barre de l'autre rive, soit au-dessous de Vanchy. Les deux autres bancs durs se trouvent au-dessous de la ferme du Frêne, entre cette ferme et le ruisseau de Nanbin, et dans le ruisseau près d'Eloise.

Dans l'ensemble, le Burdigalien est le terrain tertiaire le plus étendu de la région. On le trouve de part et d'autre du canyon du Rhône, dans le ruisseau près d'Eloise, le long du ruisseau de Nanbin et au-dessous de la ferme du Frêne. D'autres affleurements discontinus apparaissent dans un talus instable entre Grésin et Vanchy au bord de la route entre ces deux localités. On voit également des affleurements du Burdigalien à l'entrée du village de Vanchy et aux alentours du cimetière de ce village. Enfin les rares affleurements se voient sous les dépôts morainiques dans un talus au-dessous de la ferme de la Follatière près de Lancrans et dans le Bois du Puits qui alimente le ruisseau de Rochefort.

Les marnocalcaires du dernier banc de l'Aquitanien sont surmontés par la molasse tendre ou par le niveau conglomératique du premier banc de la base du Burdigalien. La structure du premier banc de la mollase dure de la base se voit dans la paroi qui se trouve directement au-dessous de la ferme du Dos à l'Ane. Conformément à Ad. Jayet (1926, p. 202), ce banc n'a pas la structure uniforme qu'il semble posséder quand on l'examine de loin (fig. 14). Il est composé de plusieurs bancs durs qui se terminent en coin. On trouve de la base au sommet:

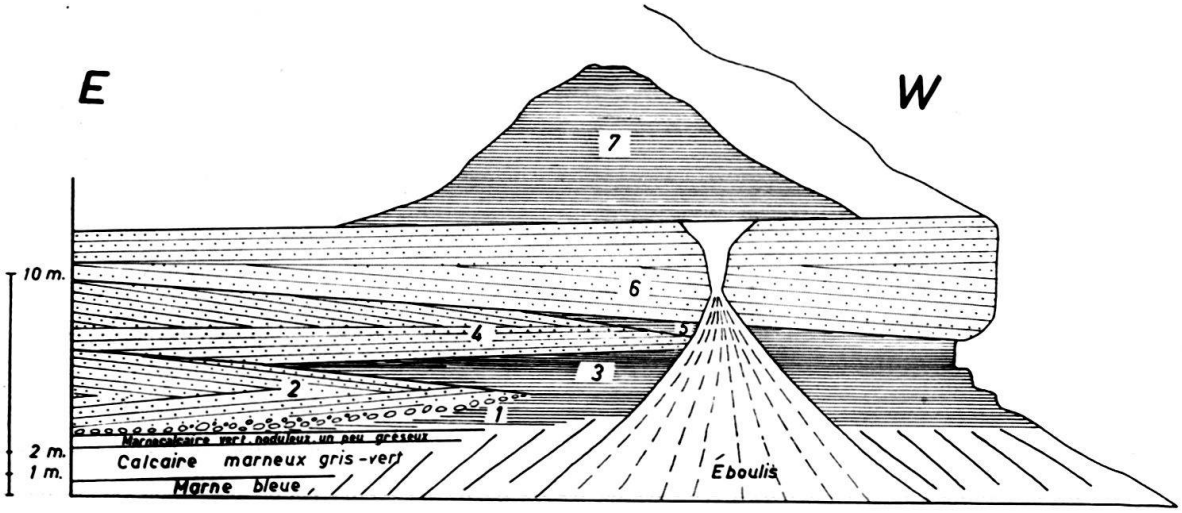

Fig. 14. Croquis schématique du contact Burdigalien-Aquitanien. Sous Dos à l'Ane. Rive gauche du Rhône.
1, 3, 5, 7 Niveaux de molasse marine tendre à éléments fins.
2, 4, 6 Niveaux de molasse marine dure à éléments grossiers.

1. Molasse gris-jaune tendre. Petits lits réguliers de structure fine (C.M. 324); lits à quartz plus grossiers (C.M. 325) et à débris d'*Ostrea*. Tout le niveau possède la stratification entrecroisée.

2. Molasse dure, grisâtre, de structure grossière, à stratification entrecroisée avec *Ostrea*, dents de *Lamna*, galets et silex; elle se termine en coin vers l'W (premier coin de la molasse dure). A la base, un niveau conglomératique, polygénique de 0,50 à 0,60 m d'épaisseur. On y trouve de nombreux galets calcaires et de grès, de rares galets cristallins et de silex de couleur et de grandeur variées. Les galets calcaires ont tous été perforés par des *Pholades*, ainsi que certains silex. Ce sont: des marnocalcaires et galets argileux de l'Aquitanien, des grès grossiers éocènes, des calcaires fins attribués au Crétacé supérieur, des grès glauconieux probablement du Crétacé moyen et des calcaires blancs barrémiens. Ces derniers sont très abondants. On trouve des galets atteignant parfois 60 cm de diamètre. Les galets de 20 à 30 cm de diamètre sont fréquents. Ils sont généralement arrondis et ronds. Les galets et les éléments grossiers, notamment des silex et des débris

d'organismes, sont logés dans un grès grossier dont le ciment est calcaire (C.M. 326). C'est ce grès qui forme la plus grande partie de la paroi (C.M. 327).

3. Molasse tendre intermédiaire. Alternances de lits de 5 à 10 cm d'épaisseur de grès moyen et de petits lits marneux, gris (C.M. 328).

4. Molasse dure, grossière, à stratification entrecroisée, se terminant en coin vers l'W (deuxième coin de la molasse dure) (C.M. 329).

5. Molasse tendre grisâtre à jaunâtre, de structure fine. Quelques bancs minces un peu plus durs (C.M. 330).

6. Molasse dure, grossière, à stratification entrecroisée, se terminant en coin vers l'E (troisième coin de la molasse dure) (C.M. 331). Dents de *Lamna*, *Ostrea*, galets, silex, gros grains de quartz.

7. Molasse tendre gris-jaunâtre, de structure fine (C.M. 332), juste au-dessous de la ferme du Dos à l'Ane.

Tout ce complexe plonge dans l'ensemble de 4–5° vers le SE. Il est caractérisé par sa structure entrecroisée ou oblique. Le banc dur de la base, surtout dans son niveau conglomératique, nous a fourni:

Lamna (*Odontaspis*) *contortidens* AGASSIZ,
Lamna (*Odontaspis*) *dubia* AGASSIZ,
Oxyrhina leptodon AGASSIZ (espèce intermédiaire entre *O. desorii* Ag. et *O. hastalis* Ag.),
Ostrea se rapportant à *O. granensis* FONTANNES; et *O. crispata* GOLDFUSS,
Une empreinte de *Pecten*.

Les Lamellibranches sont abondants, mais mal conservés. Quelques échantillons mieux conservés ont permis à AD. JAYET (1926, p. 203) d'y reconnaître:

Pecten praescabriusculus FONTANNES,
Pecten subbenedictus FONTANNES,
Ostrea virginiana MAYER,
Ostrea palliata GOLDFUSS.

Micr.: Grès feldspathiques à ciment calcaire et de structure grossière (C.M. 326, 327, 329 et 331): quartz détritique en gros grains arrondis ou subarrondis, parfois anguleux, en grains de petite taille, anguleux ou subanguleux, dans ce cas se trouvant également dans les éléments, rongés par le ciment, renfermant des inclusions; accroissement secondaire du quartz; feldspaths de grande et de petite taille semblable à celle du quartz, parfois séricitisés ou en voie de séricitisation; glauconie en grains isolés ou associés à des grains de phosphates, remplissant surtout des d'organismes ou épigénisant certains galets et grains de quartz, s'altérant parfois en biotite et en chlorite; galets (calcaire pseudoolithique à *Foraminifères*, calcaire à formes fantômes de *Globigérines*, calcaire compact, calcaire d'eau douce, calcaire gréseux, grès calcaire, grès à gros grains de quartz); silex; rares lamelles de muscovite et de biotite parfois en voie d'altération en chlorite; rares grains de phosphates; pyrite en grains isolés ou associés à de la glauconie et à ses dérivés, en amas ou remplissant les loges des organismes; rares magnétite, tourmaline, grenat, épidote.

Organismes: débris d'*Echinodermes* (piquants d'*Oursins*, plaques d'*Echinides*); *Bryozoaires Cheilostomes* et *Cyclostomes*; *Balanus*; *Polypiers*; tests de *Lamellibranches*; rares *Orbitolinidés* remaniés (probablement *Orbitolina discoidea* d'après MOULLADE); rares *Rotalidés*; *Globigérines*, *Miliolidés*, *Textularidés* dans les galets. Ciment: sparite.

Les grès de structure moyenne et fine offrent en plus des minéraux mentionnés ci-dessous de rares grains de zircon et de glaucophane. Seuls les grès moyens présentent des organismes comme ci-dessus.

Une coupe plus complète et sans discontinuité du Burdigalien affleure le long du ruisseau de Nanbin à partir de la route nationale 84 (fig. 15). Les premiers affleure-

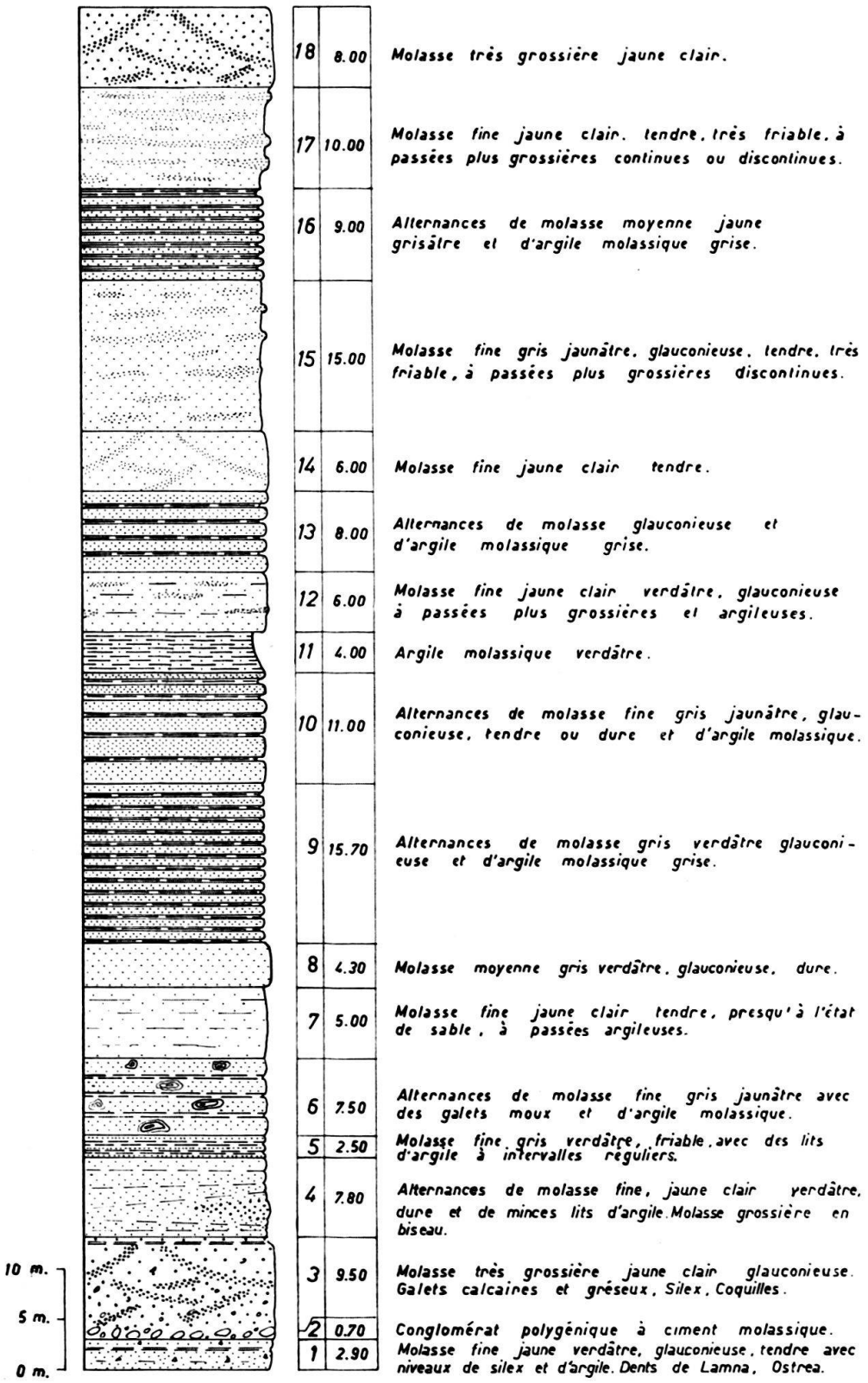

Fig. 15. Burdigalien. Le long du ruisseau de Nanbin près de Coupy.

ments se trouvent au bord de cette route près de Coupy et appartiennent au premier banc dur de la base. Des failles à rejets mineurs affectent cet affleurement. Elles ont une direction N 19° E et N 74° W et un pendage vertical, 83° SW ou 67° NE.

La suite du Burdigalien peut être étudiée au-dessous de la ferme du Frêne entre le ruisseau de Nanbin et cette ferme. Les grès grossier du niveau 18 (deuxième banc dur) de la coupe de Nanbin sont surmontés par une molasse grisâtre et jaunâtre tendre, visible par-ci par-là au bord des chemins. Son épaisseur estimée est d'environ 50 à 60 m. Directement au-dessous de la ferme du Frêne se trouve le troisième banc dur de la molasse grossière burdigalienne d'une épaisseur de 15 m environ. Dans ces deux bancs durs, on trouve de rares dents de *Lamma*, des radioles de *Cidaris*, de nombreux débris de *Bryozoaires* visibles sur les surfaces d'altération. Les Lamellibranches semblent être très rares. Nous y avons trouvé quelques coquilles d'*Huîtres* très mal conservées.

Pour conclure, il ressort des examens microscopiques des formations tertiaires que l'Éocène pauvre en glauconie, et l'Aquitanien riche en glauconie, présentent surtout des éléments résistants aux phénomènes de décomposition chimique: zircon, tourmaline, ce qui traduit des conditions climatiques continentales avec un lessivage des sédiments. Par contre, le Burdigalien montre un enrichissement progressif relativement considérable en minéraux alpins: grenat, épidote, glaucophane avec, en plus, zircon, tourmaline et magnétite. Ainsi nos observations confirment pleinement le point de vue de A. Vatan (1949, p. 103). Pour lui, les apports détritiques, spécialement ceux des minéraux lourds, proviendraient des micaschistes du Plateau central pour les formations crétacées supérieures, éocènes et oligocènes. L'apport alpin commencerait à venir seulement vers la fin de l'Oligocène et s'enrichirait au Miocène. Cet enrichissement s'accentuerait encore au Vindobonien.

Terrains Quaternaires

Les dépôts quaternaires occupent la plus grande partie de notre territoire. Il s'agit avant tout des dépôts morainiques d'âge pléistocène, puis des formations récentes (éboulis, éboulements etc.).

I. PLÉISTOCÈNE

Des quatre glaciations classiques, seules les deux dernières (Riss et Würm) existent dans notre région.

A. Riss

Le seul affleurement du Riss connu dans notre territoire se trouve un peu à l'E du village de Coupy au bord de la route nationale 84 (Collonges-Bellegarde) avant d'arriver aux affleurements du Burdigalien du ruisseau de Nanbin. Il est recouvert actuellement d'une épaisse couche de terre végétale. Toute étude est ainsi rendue difficile. Ad. Jayet (1938, p. 60–63) a décrit cet affleurement rissien jusqu'alors inconnu. Il a été mis à jour au cours des travaux de la rectification de la route 84. Il a bien voulu nous communiquer ses observations et mettre à notre disposition sa collection d'échantillons. Nous l'en remercions. La coupe de cet affleurement est d'après Ad. Jayet (op. cit. p. 60–61) et fig. 16:

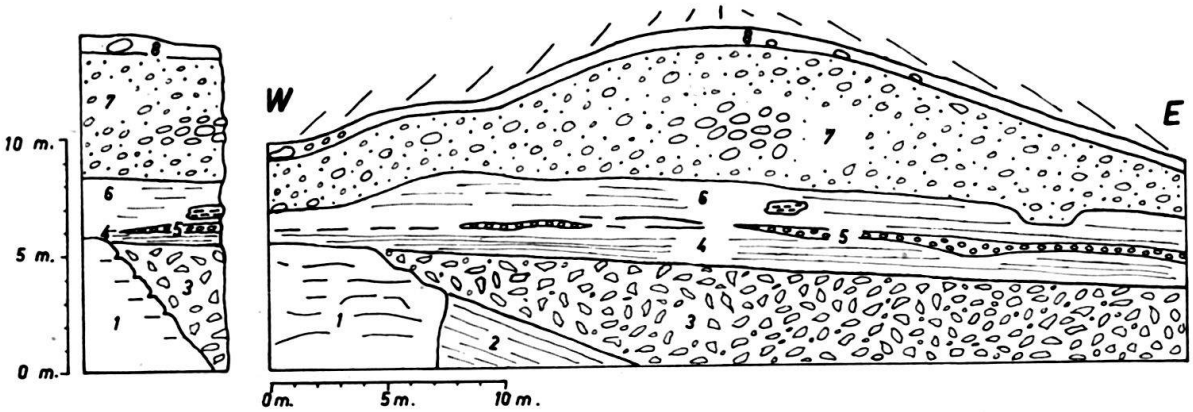

Fig. 16. Affleurement du Riss près de Coupy d'après Ad. Jayet.
1. Molasse burdigalienne dure. 2. Sables molassiques stratifiés. 3. Moraine rissienne – Galets subanguleux: roches vertes, Urgonien, Jurassique, molasse gréseuse. Galets arrondis: quartzites, Malm, roches vertes, stries peu typiques, granite. 4. Banc de sable grossier bien stratifié. 5. Lentille de gravier analogue à 3. 6. Sable d'origine molassique un peu moins lité que 4. 7. Alluvion de progression. 8. Argile et terre argileuse.

Sommet: 6. Terre argileuse et argile à galets striés.
Ép. environ 1,00 m (Niv. 8 de la fig. 16).
5. Alluvion caillouteuse de couleur jaune claire. Zone de blocs arrondis ou subanguleux de 40 cm de diamètre.
Ép. environ 6,00 m (Niv. 7, fig. 16).
4. Complexe bien stratifié, comprenant:
c. Sable grossier d'origine molassique jaune-verdâtre (Niv. 6, fig. 16).
b. Gravier en lentille (Niv. 5, fig. 16).
a. Sable grossier lité, d'origine molassique (Niv. 4, fig. 16).
Épaisseur du complexe: environ 3,00 m.
3. Cailloutis empâtés dans un délit molassique, sans ordre: galets anguleux calcaires d'origine locale; galets alpins pour la plupart très arrondis; quartzites, calcaires noirs, granite, roches vertes etc. Sur ces galets, vagues traces peu nombreuses et peu typiques de stries glaciaires. Pas de blocs. Ép. vis. 2,00 m (Niv. 3, fig. 16).
2. Molasse marine délitée jaune (Niv. 2, fig. 16).
Base: 1. Molasse marine gréseuse dure, à dents de *Lamna*, fragments de coquilles d'Ostrea et de *Pecten* (Niv. 1, fig. 16).

Toujours d'après Ad. Jayet, la couche 6 est la moraine de fond würmienne que l'on peut suivre des environs de Bellegarde à Genève. La couche 5 est l'équivalent de l'«alluvion ancienne auct.» de Genève. Le complexe 4 est interglaciaire et les cailloutis sous-jacents de la couche 3 sont attribués au Riss.

Ailleurs, nous n'avons jamais observé d'autre dépôt qui puisse être assimilé à des moraines rissiennes. Rappelons l'affleurement typique du Riss qui a été décrit par M. Gignoux et J. Mathian (1952). Il se trouve sur la rive gauche du Rhône en dehors de notre limite est à une vingtaine de mètres en amont du pont de Carnot (appelé parfois pont de Savoie) et à une trentaine de mètres en aval des ruines du moulin de Moissière.

B. Dépôts interglaciaires Riss-Würm

Il s'agit de sédiments variables: couches épaisses d'alluvion stratifiées, graviers et sables fins avec lits argileux, niveaux de lignite (cf. Bois de Chênes à Cartigny,

Bois de la Bâtie à Genève). Ce sont des «argiles à lignites» qui accusent nettement un caractère interglaciaire.

Sur la rive gauche du Rhône, juste au-dessus du pont de Carnot on voit une succession de couches stratifiées, argileuses, sableuses ou graveleuses. Elles surmontent la moraine rissienne décrite par M. GIGNOUX et J. MATHIAN (1952). Il semble d'autre part qu'elles font partie du soubassement du complexe würmien. Elles appartiendraient donc à l'interglaciaire.

Le grand glissement de terrain de 1883 au Fort l'Ecluse, sur la rive gauche du Rhône, a permis à RENEVIER de reconnaître que le fleuve entamait une épaisse formation de sablons argileux extrêmement fins passant même au niveau du fleuve à des argiles plastiques. Il a qualifié ces couches de «dépôts fluviatiles et lacustres» (argiles lacustres du Fort l'Ecluse). Mais le caractère lacustre de ces formations n'a jamais été prouvé avec certitude. Il semblerait toutefois que ces argiles soient glaciaires comme le sont les argiles de la route 84 près de Longeray que nous étudierons au chapitre du Würm.

W. KILIAN (1911) a considéré les formations interglaciaires du Fort l'Ecluse et les argiles lacustres de RENEVIER en particulier, comme emboîtées dans le complexe würmien, donc post-würmiennes, et surmontées à leur tour par des moraines témoignant d'une nouvelle glaciation distincte, désignée sous le nom de «récurrence néowürmienne». Précisant encore la conception de W. KILIAN, L. DONCIEUX (1920, rév. feuille Nantua) a distingué un complexe würmien avec des alluvions de progression et des moraines de retrait, et un complexe néowürmien comprenant aussi des alluvions de progression. Il nous semble que ces dernières (complexe interglaciaire des auteurs) appartiennent au complexe würmien comme les argiles du bord de la route 84 mentionnées ci-dessus. Elles ne représentent en tout cas pas les alluvions de progression d'une nouvelle glaciation. L'individualité de ce Néowürm n'est donc pas justifiée.

C. Würm

De bas en haut, les termes du «complexe würmien» (AD. JAYET, 1946, p. 460) de notre région sont les suivants:

1. Graviers

Ils se trouvent sous forme d'une vaste nappe segmentée le long de la vallée actuelle du Rhône et au bord de la route nationale 84 à l'entrée de Coupy. Ils surmontent presque partout les formations burdigaliennes, à l'exception de l'endroit où se trouve l'affleurement rissien.

Ces graviers sont constitués en grande partie par du matériel jurassien. H. SCHARDT (1891, p. 77) a crû qu'il s'agissait d'un cône de déjections du Rhône primitif se jetant dans un lac qui aurait occupé une partie du bassin de Bellegarde.

Cette nappe alluvionnaire est considérée comme würmienne par W. KILIAN et préwürmienne par L. DONCIEUX. Elle occupe une vallée dont le fond se trouvait à 25–30 m au-dessus du lit actuel du Rhône. La vallée ancienne ne devait pas être très large comme l'indiquent les nombreux affleurements de terrain en place qui se

trouvent un peu partout sous les alluvions. Un autre fait important est que l'axe du sillon de cette nappe ne coïncide pas avec celui du sillon du Riss.

Cette nappe alluvionnaire se trouve sous la moraine de fond würmienne. Nous la considérons comme faisant partie du «complexe würmien». Sa position est comparable à celle de l'«alluvion ancienne auct.» du bassin de Genève sans interpréter l'origine et l'attribution à cette dernière. En effet, dans leurs travaux aux environs d'Yverdon, AD. JAYET et J. P. PORTMANN (1960) placent dans l'interglaciaire des formations semblables grâce à un banc limoneux contenant une faunule malacologique pléistocène.

2. Moraine de fond

La moraine de fond recouvre dans la vallée du Rhône les graviers précédents. Elle forme le replat entre la route 84 et le Rhône de Léaz à Coupy. En outre, le plateau de Clarafond-Eloise-Fiolaz est constitué en grande partie de la moraine de fond würmienne. Ailleurs, dans la vallée de la Valserine elle repose directement sur l'Urgonien. Enfin on peut voir la moraine de fond typique dans les berges du ravin du Barrage. Il s'agit d'une masse argileuse grisâtre contenant de nombreux blocs alpins. Les galets de calcaires noirs striés y sont particulièrement abondants et de taille variée.

3. Moraines graveleuses ou moraines de retrait

Elles forment une énorme masse de 200 mètres d'épaisseur. Elles se trouvent entre les routes de Collonges à Bellegarde et de Bellegarde à Lancrans d'une part et la chaîne du Grand Crédo de l'autre.

Le retrait de la glaciation würmienne n'a pas eu lieu en une seule fois. Le glacier s'est retiré vers la cluse du Rhône en formant une sorte d'éventail, comme l'indiquent plusieurs vallums (crêtes) morainiques. Le plus important est le cône de transition de Ballon-Vanchy. Ce complexe présente des dépôts partiellement stratifiés, généralement graveleux, contenant des lentilles de sables et d'argiles, et des bancs et lentilles d'argiles à galets striés.

Les dépôts argileux qui se trouvent dans une dépression entre deux vallums morainiques à l'W de Longeray au bord de la route 84 avaient été assimilés à la «récurrence néowürmienne» par W. KILIAN (1918, p. 99). Ainsi ces argiles seraient l'équivalent des argiles lacustres de RENEVIER. En réalité ce n'est pas le cas; car, ces argiles se trouvent au-dessus de la moraine de fond würmienne contrairement aux argiles lacustres de RENEVIER qui sont en-dessous. Ce dépôt argileux serait formé entre deux vallums morainiques lors du retrait du glacier. Elles appartiendraient aux dépôts de retrait. On constate alors que le Néowürm de W. KILIAN n'est qu'une des phases du retrait de la glaciation de Würm.

Sur les conseils du Prof. AD. JAYET nous avons examiné la composition des dépôts rissiens et würmiens. La différence de composition pétrographique de ces deux dépôts morainiques est marquée. Un tableau comparatif montre en effet ce qui suit (page 51).

Il y a moins de calcaires noirs et plus de calcaires clairs et de grès (provenant surtout des régions jurassiennes) dans le Riss. Ce fait a été observé en d'autres points, notamment aux environs d'Yverdon, par AD. JAYET. Le pourcentage des

	Riss (près de Coupy, Coll. Ad. JAYET) %	Würm (Carrière de la Sarra, près de Lancrans) %	Würm (Carrière au-dessus de Poiterie) %
Calcaires clairs	15	8	6
Calcaires noirs	45	51	52
Grès en général	15	8	12
Quartzites et quartz de filon	8	15	7
Conglomérats	–	–	4
Schistes et gneiss	12	10	10
Roches vertes	1	3	4
Granites (+aplites)	4	5	5
	100	100	100

calcaires noirs serait sensiblement 50–53% dans les moraines würmiennes et 45–47% dans les moraines rissiennes. Ces critères sont valables pour la séparation des deux moraines.

II. FORMATIONS RÉCENTES

A. Éboulis

La chaîne du Grand Crédo-Vuache est bordée par une importante série d'éboulis qui longe les premières parois rocheuses en place (Barrémien) et couvre les dépôts glaciaires. Les cônes d'éboulis secs sont surtout bien développés dans le cirque de Longeray. On en voit quelques uns moins importants sur versant ouest du Vuache le long de la route 508 «a» et sur le versant ouest du Grand Crédo au-dessus de la ferme de Raffour.

B. Cônes torrentiels

Au Grand Crédo, quelques magnifiques cônes de déjections se trouvent dans la prolongation de l'emplacement du premier et du deuxième décrochement. Le matériel est apporté par les ravins qui descendent respectivement de Varambon et du couloir au S de la Charmante.

Un autre cône se trouve dans le cirque de Longeray. Il prend naissance à l'emplacement de la faille A près du Plat des Rochers, puis il suit la ligne structurale du repli du sommet de l'anticlinal du Grand Crédo dans l'unité 1.

Enfin le dernier, moins important, est à la limite nord de la carte près du village de Collonges.

C. Éboulement

Nous n'avons qu'un seul exemple d'éboulement. Il se trouve sur la rive gauche de la Valserine au-dessous de la ferme de la Thuire. C'est une masse de moraine et d'éboulis.

III. MORPHOLOGIE

D'une manière générale, la morphologie dépend de la structure géologique. Les assises marneuses forment les combes et les assises calcaires, des reliefs. D'E en W, le versant est de la chaîne Grand Crédo-Vuache et la cluse du Rhône montrent la succession suivante: le relief barrémien, la combe formée du Valanginien et de

l'Hauterivien marneux (Hauterivien inférieur et la base de l'Hauterivien supérieur), l'arête bien accentuée de l'Infravalanginien et la combe purbeckienne. Le relief du puissant massif calcaire du complexe kiméridgien domine la combe purbeckienne avant de former la demi-voûte du cirque de Longeray.

Les combes du sommet du Grand Crédo sont également structurales. La première se situe entre les failles A et B (combe du chalet de Bizot); elle correspond aux couches tendres du Purbeckien. La seconde (chalets et Pointe de Sorgia) est sur la crête anticlinale séquanienne, la troisième également (combe de Varambon). Les quelques sommités que l'on voit vers le N dans la seconde combe correspondent généralement à des replis structuraux mineurs.

Sur le versant ouest de l'anticlinal du Grand Crédo, les calcaires massifs du Kiméridgien forment des parois abruptes qui dominent une pente d'éboulis sous lesquels on voit de temps à autre des affleurements du Purbeckien. L'escarpement abrupt (Kiméridgien) du versant occidental du Vuache domine la combe séquanienne-argovienne.

Le vallon perché de Boge est un synclinal élevé où l'on voit des dépressions (hauterivienne et purbeckienne) et des reliefs (infravalanginien et barrémien), bien visibles dans son flanc normal.

Formations karstiques et entonnoirs de dissolution

Les formations karstiques sont surtout bien développées dans les reliefs calcaires du versant est de la chaîne. Les grottes peu importantes attestent l'action plus ou moins intense de l'érosion chimique. Il faut encore mentionner certaines marmites de la Perte de la Valserine. Elles s'alignent suivant une direction bien définie ou forment de petits canaux par anastomose lorsque l'érosion est plus avancée. La direction primitive est donnée par des diaclases. La Valserine reste évidemment le facteur principal de creusement des canyons et de leurs anfractuosités. Mais l'érosion chimique est active au-dessus du niveau normal d'érosion de la rivière.

Les entonnoirs sont fréquents dans la combe de Varambon et surtout dans la combe de Sorgia où certains entonnoirs sont alignés et correspondent aux emplacements du premier et du deuxième décrochement.

Réseau hydrographique

Il faut envisager deux systèmes de réseau hydrographique dans notre territoire. Le premier est régi par la tectonique. Presque tous les ravins du Grand Crédo entrent dans cette catégorie, ainsi que le Rhône. Ils correspondent à des emplacements des failles et des décrochements.

Dans la seconde catégorie entrent les ruisseaux non structuraux, tels que les ruisseaux de Nanbin, des Pissoux, de Nant de l'Hôpital etc.; ils sont créés et alimentés par les eaux sortant des moraines graveleuses.

Sources

Les principales sources aquifères sont déterminées par les couches marneuses à la base des calcaires fissurés, de l'Hauterivien (grotte des Ruines près de la ferme de la Thuire), du Séquanien (alimentation en eau des chalets de Sorgia et de Varambon) et du Purbeckien (alimentation en eau de chalet de Bizot). Sur les

plateaux (plateaux de Confort-Lancrans, de Vanchy-Grésin-Léaz, de Fiolaz-Eloise-Arcine et de Chevrier-Vulbens), les cônes de transition morainiques et les nappes de graviers et de sables constituent d'exellents réservoirs d'eau.

Terrasses

Un groupe de terrasses suit sensiblement les combes de niveaux 450 à 430 de l'amont vers l'aval du Rhône. Elles sont bien visibles sur la rive droite du fleuve.

Un autre groupe de terrasses sans ordre cette fois, jalonne les moraines graveleuses de retrait entre Ballon et Vanchy. Certaines d'entre elles sont associées à des glissements de versants.

Glissements de terrain

Les glissements de terrain sont fréquents avec des niches d'arrachement fraîches. C'est généralement dans les moraines argileuses et surtout à la limite de la moraine de fond et des moraines de retrait qu'ils se forment. Certains d'entre eux affectent la route nationale 84 qui suit précisément cette limite.

DEUXIÈME PARTIE

Tectonique

Introduction

La chaîne Grand Crédo-Vuache forme la suite de la chaîne du Reculet. Au vallon du col du Sac, elle opère un changement brusque de direction et fait un angle de 60° environ avec la chaîne du Reculet. Le faisceau de plis, très étroit jusqu'alors, s'élargit sensiblement et forme la montagne du Grand Crédo.

Le Grand Crédo diffère sensiblement du reste de la chaîne. Il forme une croupe assez large qui résulte des replis et des ondulations du Jurassique supérieur, spécialement du Séquanien.

La montagne du Vuache se place exactement sur le prolongement du Plat des Rochers, branche orientale de l'anticlinal du Grand Crédo.

Dans son ensemble, la chaîne Grand Crédo-Vuache est un anticlinal dont l'axe est légèrement déjeté vers l'W. Mais un rapide coup d'œil sur la planche des profils nous permet de constater qu'elle présente une tectonique plus complexe, surtout au Grand Crédo. On y voit des plis majeurs et des replis secondaires. Ces replis sont non seulement traversés par la faille longitudinale ou décrochement du Vuache, mais aussi par des failles et décrochements transverses mineurs. Les failles longitudinales compartimentent la chaîne en bandes longitudinales. Les failles et les décrochements transversaux n'affectent que le flanc ouest et le sommet du Grand Crédo. Il y a aussi des failles secondaires transversales sans importance capitale.

Nous n'avons pas donné aux failles des noms de localités afin d'éviter des confusions possibles, car certaines failles se rejoignent. Les chiffres représentent les différents compartiments entre failles (unités); les chiffres séparés par une barre de fraction indiquent quelles unités ces failles séparent. Les lettres majuscules correspondent aux failles longitudinales; les minuscules aux failles transversales importantes.