

Étude préliminaire de la faille du Vuache (Jura méridional)

Autor(en): **Charollais, Jean / Clavel, Bernard / Amato, Edgardo**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **76 (1982-1983)**

Heft 363

PDF erstellt am: **27.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-278154>

Nutzungsbedingungen

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

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

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

Haftungsausschluss

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

BULLETIN N° 271 des Laboratoires de Géologie, Minéralogie, Géophysique
et du Musée géologique de l'Université de Lausanne

Etude préliminaire de la faille du Vuache (Jura méridional)

PAR

JEAN CHAROLLAIS*, BERNARD CLAVEL**, EDGARDO AMATO*,
ARTHUR ESCHER***, ROBERT BUSNARDO**,
NORBERT STEINHAUSER****, OLIVIER MACSOTAY**
ET PIERRE DONZE**

Résumé. – Après un bref historique des principales études portant sur la faille du Vuache, les auteurs décrivent la stratigraphie des deux versants de la Montagne du Vuache: sur le flanc oriental, grâce aux relevés des galeries de l'autoroute A42, et sur le flanc occidental à partir d'affleurements récemment rafraîchis au Mont de Musièges. La comparaison des séries lithologiques et des associations faunistiques, de part et d'autre de la faille du Vuache, permet de mettre en évidence des oscillations bathymétriques liées au mouvement de la faille, dès le Valanginien supérieur et au cours de l'Hauterivien inférieur. Ces mouvements tectoniques se sont poursuivis au Tertiaire et à l'époque historique où ils sont responsables de séismes; l'inventaire de ceux-ci démontre l'instabilité des bassins genevois, albanais et annécien.

A. MIKHAÏL MOUTY

I. INTRODUCTION

Dans tous les traités classiques récents sur le Jura, tels que le livre sur la Géologie de la France édité par J. DEBELMAS (1974), les auteurs, en l'occurrence P. CHAUVE et J. PERRIAUX, classent les failles qui affectent cette chaîne, en trois types (p. 457): les failles rayonnantes, les failles dites varisques et les failles subméridiennes. La faille du Vuache (fig. 1) est généralement classée dans la catégorie des failles rayonnantes au même titre que les accidents de Morez, de Pontarlier et de la Verrière.

Par contre, dans la littérature géologique, les avis sont partagés sur l'importance, l'extension, les mouvements et l'âge qu'il faut attribuer à

*Département de Géologie et de Paléontologie, rue des Maraîchers 13, 1211 Genève 4, Suisse.

**Département des Sciences de la Terre, bd du 11-Novembre 15-43, 69622 Villeurbanne, France.

*** Institut de Géologie, Palais de Rumine, 1005 Lausanne, Suisse.

**** 20, Naville Street, London SW7-3AF Grande-Bretagne.

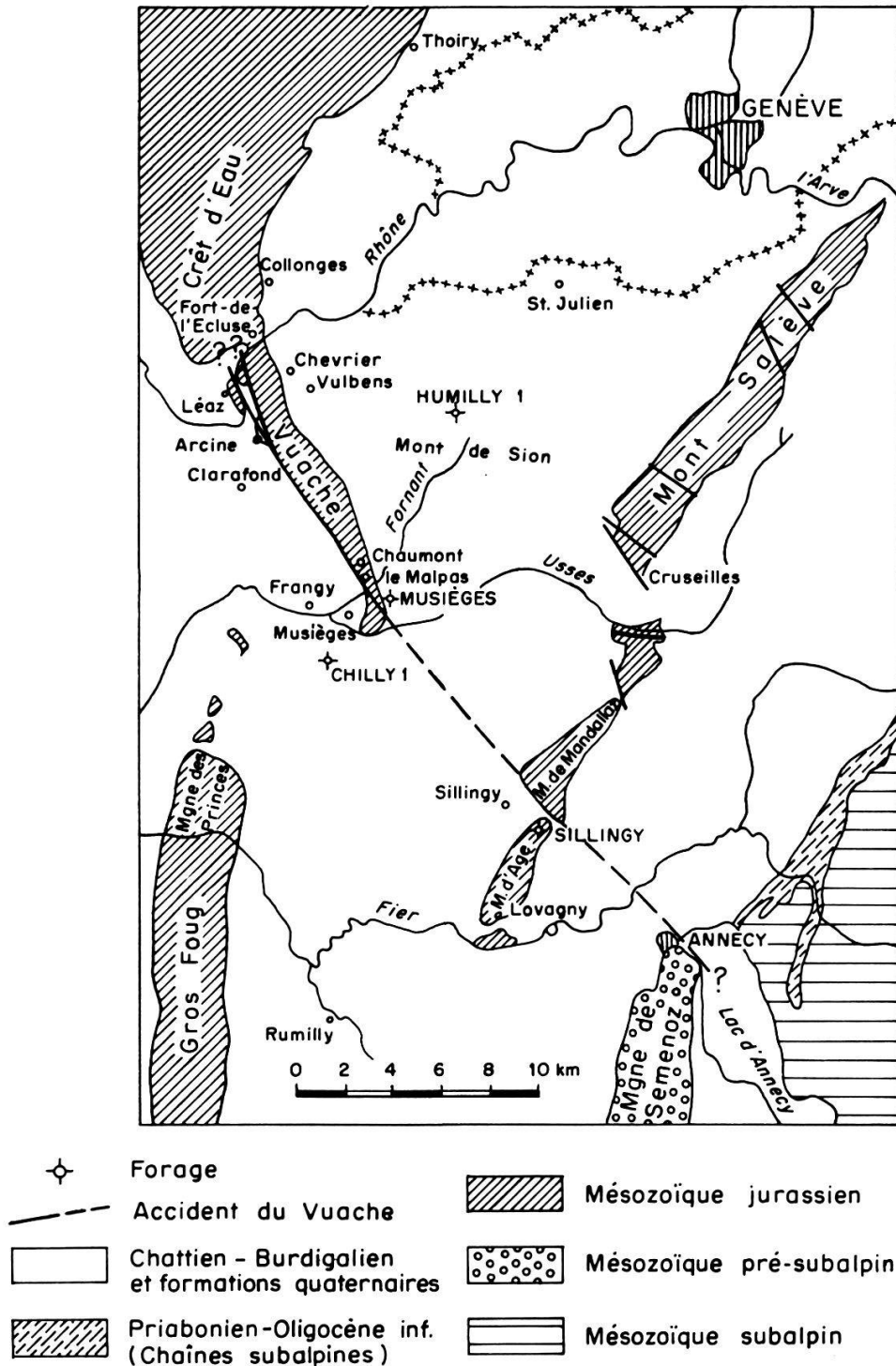


Fig. 1. - Plan de situation, d'après la Feuille Genève-Lausanne de l'Atlas géologique suisse, 1/200000^e (1955). Seuls, la faille du Vuache et les décrochements du Salève figurent comme éléments tectoniques.

l'accident du Vuache. Nous verrons que, pour certains, la faille du Vuache affecte couverture et socle et qu'elle s'étend sur une centaine de kilomètres, alors que pour d'autres, elle ne dépasse pas trente à quarante kilomètres. Le type de faille est également controversé: pour les uns, c'est une simple faille normale, alors que pour d'autres, il s'agit d'un décrochement

séneestre; mais, parmi les adeptes de cette hypothèse, les avis divergent sur l'ampleur du mouvement relatif. De plus, l'âge de cette cassure prête également à discussion: accident ancien ou récent, mobile ou stable aujourd'hui, autant de questions qui restent posées et auxquelles nous essayerons de répondre plus précisément dans un prochain article.

Le but de cette note préliminaire est de présenter quelques résultats nouveaux obtenus notamment grâce aux observations géologiques dans une galerie de reconnaissance et dans deux tunnels d'autoroute (A42; Genève-Lyon) qui traversent la montagne du Vuache au voisinage d'une transversale Arcine-Raclaz-d'en-Haut (fig. 2). Grâce à l'amabilité de l'entreprise SCETAROUTE et de son géologue P. BIENFAIT que nous remercions très vivement, nous avons pu relever une coupe lithologique banc par banc, à travers toutes les formations comprises entre le Jurassique supérieur et les calcaires urgoniens. D'autre part, nous avons eu l'opportunité de décrire et d'échantillonner complètement la coupe des formations crétacées qui affleurent le long de la route reliant le Malpas à Musièges après un rafraîchissement du talus à la pelle mécanique, opération financée par le Fonds national suisse de la recherche scientifique. Devant le nouvel intérêt qu'offrait cette région suite à ces grands travaux, une cartographie géologique au 1: 5000 a été entreprise dans la zone du Malpas et au Mont de Musièges; elle est suivie par des études microtectoniques actuellement en cours.

C'est pourquoi, après un bref historique nécessaire pour faire le point sur l'état des connaissances, nous présenterons successivement les résultats de nouvelles observations stratigraphiques, paléontologiques, cartographiques et microtectoniques. Après quoi, nous donnerons quelques résultats d'une recherche bibliographique sur les séismes historiques qui sont liés à l'accident du Vuache. Toutes ces données permettront d'apporter quelques conclusions provisoires.

2. HISTORIQUE

2.1. *Type de faille: faille normale ou décrochement*

La première étude synthétique sur la chaîne du Reculet-Vuache est due à H. SCHARDT en 1891. Cet éminent géologue admet (p. 87) que la faille du Vuache a été «non seulement le siège d'un mouvement dans le sens vertical, mais aussi dans le sens horizontal. Il est facile de voir, en effet, que la montagne de la Balme a subi un mouvement horizontal du SE au NW; elle paraît comme arrachée de sa continuation naturelle, la colline de Lovagny qui fait à peine saillie au-dessus de la molasse». Cet auteur considère donc qu'en cette région, la faille du Vuache a fonctionné à la fois comme un décrochement séneestre dont le rejet horizontal est de l'ordre de 2 à 2,5 km et comme une faille normale à rejet vertical voisin de 500 m, pouvant atteindre 800 m, dans la région d'Arcine. Ce point de vue semble partagé par les géologues qui parcourent la région, tel M. DOUXAMI (1901)

qui, par ailleurs, tente d'expliquer la formation de la cluse du Rhône au Fort-de-l'Écluse.

Mais, en 1922, L. MORET nie purement et simplement le décrochement du Vuache et parle quelque peu ironiquement du «soi-disant décrochement de Chaumontet-Balme de Sillingy» qu'il qualifie plus loin d'«illusoire». L. MORET est en désaccord à la fois avec H. SCHARDT en ne croyant pas au mouvement décrochant du Vuache et avec G. MAILLARD (1889) en parlant du «pseudo-décrochement» du lac d'Annecy. Dans une publication de 1922, L. MORET conclut que l'accident du Vuache est «une simple faille sans décrochement aucun!». D'ailleurs, en 1934, L. MORET ne figure aucune faille entre la montagne de la Balme et le coteau de Lovagny sur sa carte structurale du massif des Bornes et des régions avoisinantes; en outre, il interprète la dépression septentrionale du lac d'Annecy comme un synclinal transverse, reprenant ainsi l'hypothèse de M. LUGEON (1900, p. 454-457).

A la même époque, H. VINCIENNE (1930) s'intéresse à la faille du Vuache; il pense qu'il s'agit, avant tout, d'une faille à rejet vertical, mais ne se rallie pas complètement à l'idée de l'un ou l'autre de ses prédécesseurs ou contemporains puisqu'il écrit (p. 948-949): «La faille du Vuache, telle que l'a définie H. SCHARDT, verticale, rompant la voûte au sommet sur toute sa longueur, ne nous paraît pas pouvoir être maintenue. Il semble qu'entre le Vuache et le Colombier existe en profondeur un accident ancien rigide sur le bord oriental duquel l'anticlinal du Crédo-Vuache est venu s'écraser, avec brusque changement de direction et localement charriage du flanc normal sur le flanc inverse.»

Dans son Essai sur la géographie ancienne de la région de Genève (1938), E. PAREJAS admet que la faille du Vuache a enregistré trois directions de mouvement: déplacement vertical, déplacement longitudinal parallèlement à la direction de la faille et déplacement oblique d'E vers l'W) provoquant un chevauchement de la lèvre orientale sur la partie occidentale abaissée. Cette proposition rallie les points de vue de H. SCHARDT et de H. VINCIENNE, seuls les moteurs invoqués diffèrent, car E. PAREJAS (p. 40) estime que «c'est une composante oblique dérivée de la transversale de Genève qui a ranimé le décrochement du Vuache et a fait saillir sa lèvre orientale. L'inertie de la région située à l'W de la cassure a pu à elle seule constituer l'obstacle nécessaire. Le versant occidental abrupt du Vuache ne serait que l'escarpement à regard ouest d'une faille inclinée». De plus, E. PAREJAS voit le décrochement du Vuache se prolonger dans la région de Sillingy. La conception de L. MORET (1922, 1934) n'est donc pas retenue et dès lors, tous les géologues considéreront que la faille du Vuache est complexe et qu'elle présente des rejets horizontaux, lui conférant ainsi les caractères d'un décrochement.

J.-W. SCHROEDER (1958) précise dans sa Géologie du Pays de Genève, (p. 60), que la faille du Vuache est «aussi un décrochement (décroche-

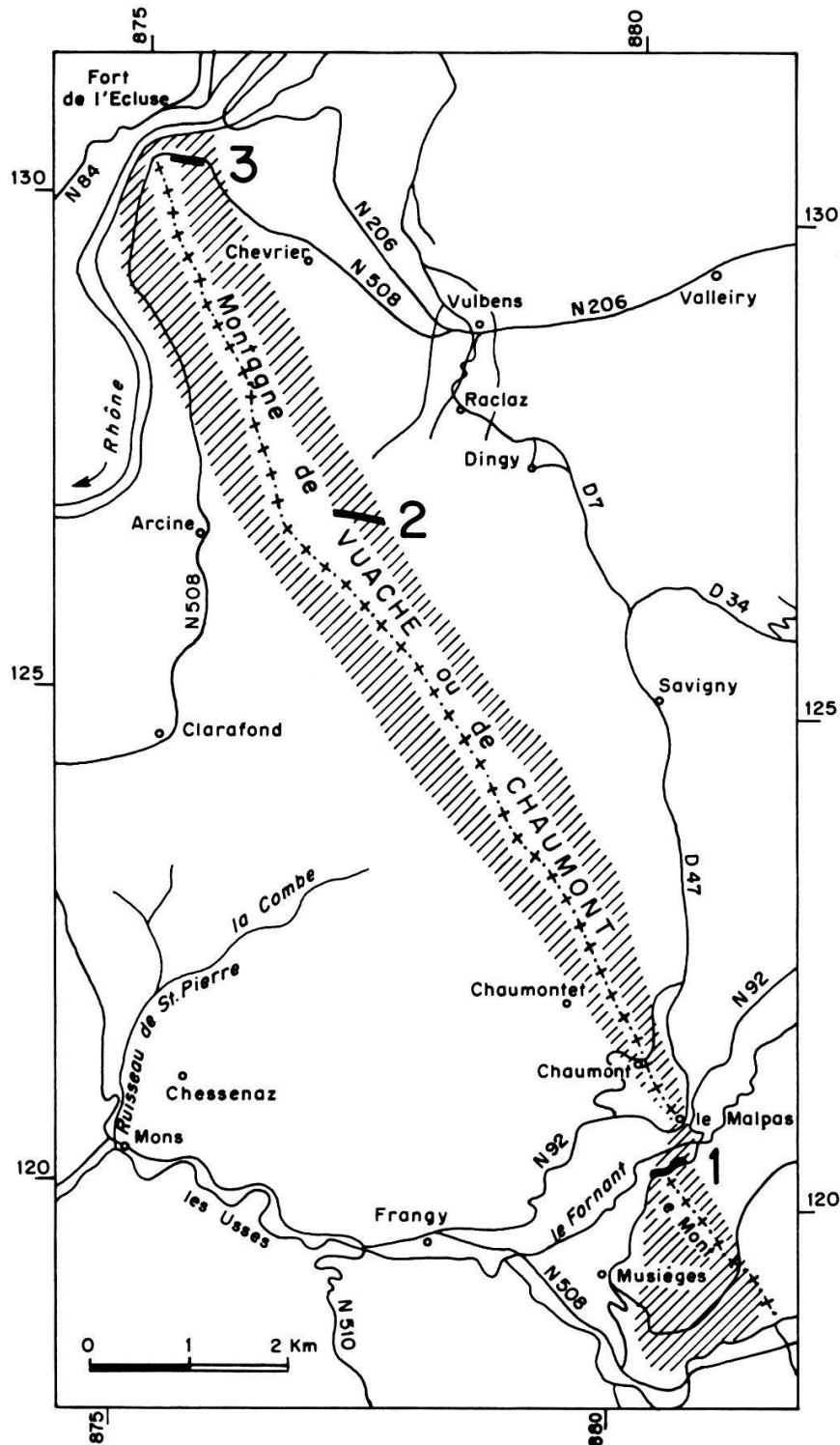


Fig. 2. – Carte donnant l'emplacement des coupes lithologiques:

1. Coupe du Mont de Musièges, entre Le Malpas et Musièges, sur la rive gauche du Fornant.
2. Coupe synthétique des galeries de l'autoroute A42.
3. Coupe relevée par H. SCHARDT (1891) sur la N508, entre Chevrier et Arcine, sur la rive gauche du Rhône.

ment de Sillingy) dont le compartiment septentrional s'est déplacé horizontalement de dix kilomètres vers le NW par rapport au compartiment

méridional. C'est ainsi que la Montagne de la Balme serait en fait le prolongement de la Montagne du Semnoz». Et l'auteur d'ajouter: «Le prolongement de la Montagne de la Balme par la Montagne de Lovagny n'est donc qu'un trompe-l'œil structural.» Selon cette hypothèse, le Mont de Musièges deviendrait la terminaison périclinale méridionale du premier pli du Jura lui-même et n'aurait, donc, rien à faire avec le Vuache. J.-W. SCHROEDER (1958, p. 67) assimile la faille du Vuache aux grands décrochements jurassiens tels que celui de Saint-Cergue–Morez.

Après avoir cartographié la partie méridionale de la chaîne du Crédo et du secteur septentrional de la Montagne du Vuache, Y. ARIKAN (1964, p. 56) conclut que «le Vuache apparaît comme un anticlinal légèrement déversé vers l'W et faillé longitudinalement suivant son axe. Son flanc occidental s'est affaissé». Mais l'auteur ne se prononce pas clairement si la faille du Vuache se comporte, avant tout, comme une faille à rejet vertical ou si les mouvements horizontaux l'emportent, la rattachant de ce fait à un décrochement sénestre de même type que ceux de Saint-Cergue–Morez ou de Vallorbe–Pontarlier. Y. ARIKAN (1964, p. 60) parle bien de «décrochement-faille du Vuache» sans donner toutefois d'ordre de grandeur aux déplacements latéraux. Pourtant, il semble se rallier aux idées de F. CUVIER (1878), de H. SCHARDT (1891) et de E. PAREJAS (1938), quoiqu'il présente des divergences de vue quant au tracé de la faille.

Un an après, H.-P. LAUBSCHER publie une esquisse tectonique du Jura où la faille du Vuache apparaît en décrochement qui présente de grandes analogies avec les autres grands décrochements du Jura méridional. Mais l'originalité de ce travail (1965, p. 239) réside dans la façon dont cet accident est relié avec les zones fortement chevauchantes du Jura occidental. Cette idée sera reprise en 1971 par plusieurs auteurs.

Dans un article général de tectonique régionale, sur le pays entourant Genève, A. LOMBARD (1968, p. 90) constate que l'étude de la faille du Vuache «n'a jamais été faite de manière complète». Reprenant l'hypothèse de J.-W. SCHROEDER (1958), il estime que l'accident du Vuache correspond à un décrochement sénestre d'ampleur voisine de 8 à 10 km, puisqu'il faut raccorder la Montagne de la Balme avec le Semnoz. Pour A. LOMBARD, le décrochement du Vuache–lac d'Annecy s'accompagnerait de mouvements verticaux et de «plis anticlinaux mineurs» dont les axes seraient parallèles à la faille, ce qui incite l'auteur à penser qu'«un accident si complexe ne peut être que le reflet d'une grande cassure du socle dans la couverture autochtone». Cette interprétation avait déjà été formulée par A. LOMBARD en 1965, lors de l'excursion de la Société géologique suisse dans le Jura méridional: «La faille du Vuache a une origine profonde et se prolonge dans le socle; elle fonctionne en décrochement sénestre avec déplacement latéral d'au moins 10 km dans la région du Malpas; elle se prolonge au SSE vers le lac d'Annecy et plus loin dans la direction des massifs hercyniens et au N, elle se trifurque, s'incurve et passe à des plans de cheveu-

chement qui, suivant l'hypothèse de Y. ARIKAN (1964), s'orienteraient suivant les axes des plis helvétiques.»

En 1971, D. AUBERT présente des idées qui vont dans le même sens que celles de Y. ARIKAN (1964), A. LOMBARD (1965, 1968) et de H.-P. LAUBSCHER (1965). Il lie le décrochement du Vuache au chevauchement du Risoux. Dans un article récent, D. RIGASSI (1977, p. 380) résume ce point de vue en quelques phrases: «D. AUBERT émet l'hypothèse que tout un panneau jurassien entre un décrochement Vuache–Molinges et l'accident Montricher–Pontarlier chevaucherait vers le NW et constituerait une véritable «nappe»; au droit du forage Risoux N° 1, le charriage serait de 12 km au moins (...); D. AUBERT suggère que la «nappe» s'enracinerait en fait sous la Molasse, le déplacement tangentiel atteindrait donc 30 km. Pour D. AUBERT (1971) comme pour M. MEURISSE (in D. AUBERT, 1971; note infrapaginale, p. 154), «le décrochement de Molinges, à l'W de Saint-Claude, traverse l'ensemble du faisceau helvétique et se prolonge dans le Vuache». Pour les auteurs du commentaire sur la tectonique de la feuille de Saint-Claude et de ses abords, F. LLAC et M. MEURISSE, il est évident qu'un tel décrochement sénestre ne peut que correspondre à un accident de socle (1971, p. 64-65).

Dans une étude sur le Risoux, D. RIGASSI (1977) aborde le problème de la faille du Vuache. S'appuyant sur des critères stratigraphiques et paléogéographiques, il confirme (p. 385) «le rejet sénestre du décrochement du Vuache, rejet d'ailleurs variable». Et, en conclusion de son travail, D. RIGASSI propose quelques chiffres caractérisant la variabilité de l'ampleur des déplacements horizontaux suivant les points:

- nul au S du lac d'Annecy;
- 1 à 2 km à la hauteur de Duingt;
- près de 10 km à Saint-Jorioz-Veyrier;
- environ 4 km au versant E des Montagnes de Lovagny et la Balme;
- environ 3 km à la Balme;
- une dizaine de kilomètres dans le secteur Musièges–Vuache central;
- 2 à 3 km près de Confort;
- 1 à 1,2 km entre Champfromier et Giron.

Pour l'auteur, l'accident du Vuache meurt au S de Giron, ne dépassant guère une cinquantaine de kilomètres.

Tout récemment, A. DELAUNAY et J.-P. RAMPNOUX (1981) étudient les types de déformations successives du décrochement sénestre du Vuache; ils reconnaissent d'abord une phase d'extension suivie d'un mouvement décrochant. Sans citer certains de leurs prédécesseurs, ces auteurs admettent (p. 205) «un décalage d'au moins 10 à 15 km entre le Semnoz et la Mandallaz», rejoignant ainsi l'opinion émise par J.-W. SCHROEDER depuis plus de vingt ans, mais toutefois, ils n'excluent pas (p. 206) que «le déplacement pourrait être plus grand».

Au terme de ce bref historique, il apparaît que la plupart des auteurs admettent que l'accident du Vuache est complexe et qu'il a fonctionné, à la fois, comme une faille d'extension et comme un décrochement sénestre. Mais, malgré un siècle de recherches, les géologues sont en désaccord sur l'ampleur des rejets horizontaux et l'importance de la fracture elle-même puisque, pour les uns, elle ne dépasserait pas une cinquantaine de kilomètres alors que, pour les autres, elle atteindrait une centaine de kilomètres et se reliait à des accidents majeurs de type chevauchement («nappe»).

Avant de clore ce chapitre, il convient de rappeler les arguments qui ont incité plusieurs chercheurs à corréliser le Salève avec le Semnoz.

D'après J.-W. SCHROEDER (1958, p. 61), «le Salève et le Semnoz appartiendraient au même axe anticlinal et la molasse subalpine comprise entre le Salève et les chaînes du Genevois se prolonge au sud du décrochement par la molasse du synclinal qui flanque à l'est le pli du Semnoz». A cette époque, ce point de vue était tout à fait soutenable car le faciès purbeckien bien développé au Salève avait été mentionné dès 1931 par L. MORET sur la terminaison périclinale du Semnoz à Vovray, près d'Annecy. Cet auteur (1934, p. 13) parlait de faciès jurassiens pour caractériser la partie septentrionale de la chaîne du Semnoz, représentés «par les couches lacustres du Purbeck (...) subordonnées au marbre bâtard» où il signalait (1934, p. 18) *Natica leviathan*. Pourtant, L. MORET reconnaissait l'existence de faciès pélagiques à ammonites berriasiennes, dans le même pli, à la cluse du Chéran, 14 km plus au S.

Mais, en 1967, B. DOUDOUX, dans une étude sur la Montagne du Semnoz, met en doute l'affirmation de L. MORET quant à la présence de faciès purbeckiens reconnaissables, d'après ce dernier, par l'abondance de nombreux débris de characées. B. DOUDOUX précise donc (p. 124): «Je n'ai personnellement pu retrouver encore ces characées; mais en l'absence de détermination spécifique, et étant donné l'existence de faciès saumâtres en plein Valanginien dans le Sud-Semnoz, il me paraît un peu prématuré de conclure à l'existence du Purbeckien à Vovray. P. DONZE d'ailleurs, dans son étude des couches de passage du Jurassique au Crétacé dans le Jura français (1958), situait le Nord-Semnoz dans sa zone de faciès N° 2, zone, soulignait-il, où le Purbeckien est très mal caractérisé. Pour la même raison, je ne pourrai conclure dès maintenant à l'inexistence du Berrias à Vovray. Le contact tectonique indubitable qui sépare Valanginien et Urgonien peut suffire à expliquer la non-répartition d'éventuelles marnes berriasiennes dans cette boutonnière.»

Le travail de B. DOUDOUX semble avoir échappé aux auteurs qui ont continué, après 1967, de paralléliser le Salève avec le Semnoz sans se poser de questions sur les différences de paléogéographie qui ont existé dans ces deux régions au Berriasien. Enfin, après la thèse de N. STEINHAUSER (1970), il nous semble difficile de proposer encore cette corrélation entre le chaînon du Salève et celui du Semnoz, car cet auteur a démontré que pendant

tout le Néocomien, ils ont représenté deux domaines paléogéographiques bien distincts, respectivement la plate-forme jurassienne et la zone pré-subalpine; nous reviendrons plus loin sur ce sujet (3.2.; fig. 12).

2.2. *Age de la faille du Vuache*

L'âge de la faille du Vuache, tout comme son type, est loin de faire l'unanimité chez les géologues. Pour la plupart d'entre eux, cet accident est ancien; quelques auteurs ont essayé de préciser l'époque à laquelle il a commencé de se manifester. Dernièrement, D. RIGASSI (1977) laisse entendre qu'une origine assez récente de cette fracture pourrait être envisagée. Nous présenterons donc, tour à tour, ces différentes hypothèses et terminerons ce paragraphe par quelques mots sur la datation de la formation du Mont de Musièges.

2.2.1. *Faille du Vuache: accident tertiaire*

Déjà, en 1891, H. SCHARDT tente de proposer un schéma dynamique de la formation de la faille du Vuache; il reconnaît (p. 86) que «le Vuache se serait donc produit sous l'influence de deux poussées successives. L'une, normale à sa direction, créant la voûte primitive; l'autre, parallèle à sa direction, est celle (...) qui a produit le renversement et le décrochement du Salève». D'autre part, il admet des mouvements verticaux qui ont engendré (p. 88) une «ligne de dislocation du Vuache qui séparerait à la fin de l'époque miocène le bassin suisse de son prolongement au SW, le bassin de Rumilly. En effet, la molasse marine helvétique, qui occupe le bassin de Bellegarde-Frangy-Rumilly, ne dépasse sur aucun point cette ligne orographique allant du Vuache à Annecy. La communication avec la formation helvétique du bassin suisse, si elle a jamais existé, ne paraît pas avoir eu lieu de ce côté-ci».

Plus tard, E. PAREJAS, dans son Essai sur la géographie ancienne de la région de Genève (1938, p. 34), considère que la formation du Vuache résulte surtout de la phase ponto-pliocène, en tout cas d'une phase post-chattienne puisqu'il estime que «la pression transmise par la molasse et son soubassement (Pontien-Pliocène) s'est irradiée et a émis une puissante composante latérale à laquelle le Vuache doit son origine». Mais à la lecture du texte de E. PAREJAS, notamment dans un paragraphe (p. 40) consacré au «problème du Vuache», il est clair que pour l'auteur la faille elle-même existait avant la phase ponto-pliocène. D'autre part, il est intéressant de relever que E. PAREJAS (1938, p. 30-31) explique l'absence de molasse burdigalienne dans la région genevoise par un «bombement» situé entre Bellegarde et Lausanne; l'auteur parle même (p. 31) d'«intumescence de la molasse», mais il n'attribue pas un rôle majeur à la fracture du Vuache, ce qui ne sera pas le cas pour certains de ses successeurs.

Comme il a été rappelé plus haut, J.-W. SCHROEDER (1958, p. 67), assimile la faille du Vuache aux grands décrochements jurassiens tels que

celui de Saint-Cergue–Morez, et s'accorde avec de nombreux auteurs comme A. FALCONNIER, D. AUBERT, L. GLANGEAUD «pour reconnaître dans ces accidents transverses des accidents très anciens». Et l'auteur de conclure: «Nous pensons que les grandes structures de surface sont dues à des fractures du socle, fractures qui se font sentir faiblement au cours du Mésozoïque, plus fortement à l'Oligocène et enfin de nouveau lors du paroxysme orogénique mio-pliocène.»

A peu près en même temps que paraît le travail de J.-W. SCHROEDER, D. RIGASSI (1957) fait une mise au point sur le Tertiaire de la région genevoise et savoissienne. Sur l'esquisse tectonique présentée (pl. IV), il ressort clairement que les dépôts burdigaliens sont présents à l'W de la faille du Vuache et absents à l'E. Tout se passe comme si la transgression burdigalienne n'avait pu progresser au NE, arrêtée par une falaise correspondant au miroir de la faille du Vuache.

A. WAGNER (1962, p. 306) a été préoccupé par ce problème dans son étude sur le Vuache méridional et sur le Mont de Musièges, dans laquelle il met en évidence plusieurs faits nouveaux, notamment la différence de lithologie et de puissance au sein même de séries molassiques attribuées au même âge, ce qui signifie que la faille du Vuache sépare deux domaines paléogéographiques différents. En effet, sur le flanc oriental de la faille (Vuache oriental), n'apparaît qu'une molasse bariolée, comprenant des niveaux marneux et gréseux, évaluée à 420 m par A. WAGNER (1962, p. 299) et attribuée au Chattien inférieur par comparaison avec la molasse du canton de Genève. Par contre, sur le flanc occidental, l'auteur décrit successivement, de bas en haut, le long de la coupe naturelle du Fornant:

- 10 m de calcaires d'eau douce à characées (=Calcaires de Grilly, d'Arbère) et de marnes à nodules calcaires;
- environ 170 m de marnes et de grès bariolés, avec cyclothèmes (Chattien inférieur);
- environ 170 m de marnes et grès fins, lités, à gypse (Chattien supérieur);
- environ 180 m de marnes et de grès bariolés, avec, à la base, un banc de calcaire à gastéropodes (d'eau douce) et au sommet un niveau calcaire à algues (Aquitaniens);
- 200 m de grès plus ou moins grossiers et de marnes, marins, à troncs flottés, dents de requins, lamellibranches (huîtres); les stratifications entrecroisées et les ripplemarks sont fréquentes.

En résumé, à l'W de la faille du Vuache, la série molassique est plus complète stratigraphiquement et plus épaisse qu'à l'E de la faille; par contre, les dépôts attribués au Chattien inférieur sont plus épais à l'W qu'à l'E de l'accident du Vuache. Deux hypothèses se présentent donc à l'auteur: soit la faille du Vuache existait dès le Chattien et à plus forte raison au Burdigalien, séparant ainsi deux bassins de sédimentation différents, soit la faille n'existait pas à l'Oligocène, ni au Miocène, et le contact des

deux séries molassiques différentes serait dû au jeu d'un décrochement récent. A. WAGNER semble opter pour la première hypothèse.

2.2.2. *Faille du Vuache: accident crétacé*

A. WAGNER (1962) a démontré qu'à la hauteur du Mont de Musièges la faille du Vuache sépare deux domaines paléogéographiques distincts, non seulement dans les formations tertiaires, mais aussi dans les formations crétacées. L'auteur décrit très succinctement certaines formations du Crétacé inférieur dans le Vuache «méridional» (partie orientale de la faille) et les compare avec leurs équivalents dans le Mont de Musièges (partie occidentale de la faille); il constate que les épaisseurs varient (notamment dans l'«Infravalanginien») ainsi que certains faciès tel le Russilien. S'appuyant sur la «présence de deux séries mésozoïques nettement différentes au Mont de Musièges (type jurassien) et dans le Vuache méridional (type salévien)», A. WAGNER (p. 306) conclut que «la grande faille Vuache-Balme de Sillingy est un décrochement; les équivalents de la série mésozoïque et molassique du Mont de Musièges ne se retrouvent à l'ENE de la faille que 5 à 10 km plus au nord». En cela, il rejoint l'hypothèse de J.-W. SCHROEDER (1957) et écarte d'emblée le jeu d'une faille d'âge crétacé qui aurait déterminé deux bassins de sédimentation différents. Mais, comme A. WAGNER est le premier géologue à avoir clairement mis en évidence deux types de faciès au Crétacé inférieur, de part et d'autre de la faille du Vuache, à la hauteur du Malpas, il nous a semblé utile de présenter les résultats de ses travaux dans ce paragraphe, même si l'hypothèse d'une faille crétacée n'a pas été envisagée.

En conclusion de ce bref historique, il convient de relever que les faciès d'âge néocomien du Mont de Musièges sont très particuliers alors que ceux du Vuache correspondent tout à fait à la série classique du «Néocomien» décrite par les auteurs dans tout le Jura méridional (Crêt d'Eau, Montagne des Princes, Clergeon). Du fait que les faciès du Mont de Musièges ne se retrouvent nulle part ailleurs en dehors du secteur de la faille (Menthières, sondage de Sillingy SV109?), il semble logique d'expliquer leur présence par le jeu vertical de la faille du Vuache; c'est un des buts de cette note.

D'autre part, il faut relever que vers 1962, la stratigraphie précise du Crétacé inférieur de cette région était assez mal connue. Il a fallu attendre les travaux de M. MOUTY (1966) pour disposer de coupes détaillées levées banc par banc. S. GUILLAUME (1966) semblait entériner l'opinion de A. WAGNER et, après avoir fait un bref inventaire bibliographique, elle concluait (p. 16): «Ces nombreux travaux sur le Vuache ont mis en évidence les variations de faciès entre le domaine septentrional lié au Jura et le domaine méridional d'affinité «salévienne».

Dans sa thèse sur le Néocomien du Jura méridional, M. MOUTY (1966) donne une description lithologique et paléontologique de la coupe du Mont de Musièges et de celle du Fort-de-l'Ecluse, c'est-à-dire sur les deux flancs de la faille du Vuache. Il attribue les différences entre les formations du Valanginien et de l'«Infravalanginien» de part et d'autre de l'accident, à des cassures qui bouleversent la lithologie de la section relevée au Mont de Musièges.

Enfin, il faut rappeler que R. ENAY (1966) attribuait un rôle majeur à l'accident du Vuache, dans la répartition des faciès jurassiques. En effet, cet auteur (p. 302), dans son étude stratigraphique sur l'Oxfordien du Jura méridional, estimait que «la concavité de certaines limites de faciès au bord interne de la chaîne est imputable, au moins en partie, au plissement ultérieur (...). Par rapport aux accidents transversaux ou décrochements, la liaison, si elle existe, est plus difficile à mettre en évidence en raison même du jeu de ces accidents (cf. D. AUBERT, 1947)». Mais, trois lignes plus loin, l'auteur d'ajouter «cependant, le tracé à l'aplomb de l'accident Vuache-Molinges est difficile à interpréter sans faire intervenir une déformation jurassique coïncidant avec l'emplacement actuel du décrochement». Plus tard, R. KRUMMENACHER (1971) se rallie à cette hypothèse en démontrant que déjà à l'Oxfordien inférieur, les isopaques prennent «une orientation NW-SE alignée sur la direction actuelle du Vuache»; plus loin, il relève que «l'orientation Vuache se fait sentir à nouveau dans les isopaques de formations basales du Crétacé inférieur, dans la région de Frangy et du Plateau de Retord. Elle s'accroît nettement à l'Hauterivien».

2.2.3. *Faille du Vuache: accident récent*

Dans une récente étude sur le RISOUX, D. RIGASSI (1977, p. 383) s'exprime avec une certaine ambiguïté sur l'âge de la faille du Vuache, en arguant qu'«au voisinage du grand escarpement de faille, le Miocène ne comporte aucun bloc ou galet de matériel local; certains bancs burdigaliens sont redressés à la verticale aux abords du décrochement» et l'auteur de conclure: «Tout, dans la morphologie (comme d'ailleurs dans la sismicité) montre au contraire l'extrême jeunesse, sinon du décrochement lui-même, du moins de son rejet le plus récent, qui se poursuit d'ailleurs actuellement.» Mais, dans ce texte, il est difficile de comprendre si ces critères s'appliquent indubitablement et expressément à la faille du Vuache ou au décrochement de Pontarlier dont il est question dans le même paragraphe, car, immédiatement après la conclusion qui vient d'être citée, on lit: «Tout indique que le mouvement sénestre de l'accident de Pontarlier est surtout postérieur au Miocène marin.»

2.2.4. *Cinématique du Mont de Musièges*

D'après A. WAGNER (1962, p. 306), le Mont de Musièges était certainement ébauché à l'Oligocène. La démonstration de ce géologue est tout à

fait convaincante (p. 303): «Les épaisseurs des étages chattiens inférieur et supérieur et aquitainien sont respectivement d'une centaine de mètres sur l'axe du périclinal du Mont de Musièges. Par contre, ces épaisseurs sont de 180 m pour le Chattien inférieur, 170 m pour le Chattien supérieur et 180 m pour l'Aquitainien sur les flancs du même périclinal (coupe du Fornant).» De plus, l'auteur signale «l'existence de conglomérats dans la région de l'axe du périclinal du Mont de Musièges (sondage de Chilly I et observations dans la région du Pont de Serrasson et du Pont des Douattes) alors qu'ils sont absents sur les flancs. Ces faits montrent que le périclinal du Mont de Musièges était déjà ébauché à l'Oligocène».

2.3. *Faille de socle ou faille de couverture*

Le consensus semble exister entre les géologues pour considérer que la faille du Vuache si nettement définie dans les couvertures mésozoïque et tertiaire, correspond à une fracture du socle. «Un accident si complexe ne peut être que le reflet d'une grande cassure du socle», écrivait A. LOMBARD (1968, p. 90). Ce point de vue est généralement retenu par les auteurs qui ont analysé la région du Jura méridional et du Vuache en particulier. Pourtant, il faut préciser que cette cassure de socle ne se trouve pas forcément à l'aplomb de la trace actuellement visible de la faille du Vuache.

En conclusion de cet historique, il ressort qu'en un siècle d'études, de nombreuses hypothèses, souvent contradictoires, ont été proposées pour expliquer le type, l'âge et le mouvement de la faille du Vuache. Ces hypothèses font parfois partie du domaine de la spéculation pure. Par contre, certains auteurs ont pris la peine de cartographier la région et de relever des coupes lithologiques avant d'avancer des théories; les observations de ces géologues, jointes aux nôtres, permettront d'apporter quelques explications un peu plus rigoureuses sur la formation et le fonctionnement de la faille du Vuache, au cours des temps géologiques.

3. NOUVELLES OBSERVATIONS

3.1. *Observations stratigraphiques*

A notre connaissance, quatre géologues seulement ont relevé banc par banc et publié des coupes complètes de toutes les formations du Crétacé inférieur du Jura méridional, depuis le Purbeckien jusqu'aux Calcaires urgoniens: H. SCHARDT (1981) (fig. 11), A. WAGNER (1962), Y. ARIKAN (1964) et M. MOUTY (1966). Mais seuls deux auteurs ont tenté de comparer les séries de part et d'autre de la faille du Vuache: A. WAGNER et M. MOUTY; ils ont constaté des différences évidentes.

Comme il a été dit plus haut, les galeries faites à travers la Montagne du Vuache pour le passage de l'autoroute A42 à la hauteur d'Arcine, nous ont permis de faire un relevé et un échantillonnage très détaillés des terrains du Crétacé inférieur, sur le versant oriental de la faille du Vuache.

| VUACHE | SALÈVE | REGION GENEVOISE | JURA MERIDIONAL | VUACHE-MUSIÈGES |
|--|---|---|---|--|
| H. SCHARDT (1891) | H. JOUKOWSKY & J. FAVRE (1913) | M. MOUTY (1966) | N. STEINHAUSER & LOMBARD (1969) | J. CHAROLLAIS & AL (1982) |
| Pierre jaune de Neuchâtel | Pierre jaune de Neuchâtel | Pierre jaune de Neuchâtel | Marnes et marno-calcaires | Faciès " Pierre jaune de Neuchâtel et faciès " Marnes d'Hauteville " |
| Marnes d'Hauteville Calcaire à <i>Ostrea rectangularis</i> | Marnes d'Hauteville | Marnes d'Hauteville | | |
| Roche d'Auberson | Calcaire à <i>Alectryonia rectangularis</i> Calcaire roux | Valanginien supérieur calcaire Valanginien supérieur marneux | Formation du Bourget Membre du Guiers Formation de La Chamboffe | Calcaire à <i>Alectryonia rectangularis</i> (Vuache) ou marnes (Musières) Calcaire roux (Vuache) avec marnes (Musières) Marnes d'Arzier Formation de la Chamboffe |
| Calcaire à <i>Nérinées</i> et à <i>Natica leviathan</i> Marbre bâtard | Assise à <i>Natica leviathan</i> Assise à <i>Heterodiceraster luci</i> | Calcaire du Val de Fier Couches de la Corratèrie Calcaire de Thoiry | Formation de Vions Formation de Pierre-Châtel | Formation de Vions Formation de Pierre-Châtel |
| Purbeckien | Purbeckien | Purbeckien | Faciès purbeckien | Faciès purbeckien |
| <i>Jurass. inf. Hauterivien sup.</i> | <i>Hauterivien inf. sup.</i> | <i>Hauterivien inf. sup.</i> | <i>Hauterivien inf. sup.</i> | <i>Hauterivien inf. sup.</i> |
| <i>Valanginien inf. sup.</i> | <i>Valanginien</i> | <i>Valanginien supérieur</i> | <i>Valanginien</i> | <i>Valanginien</i> |
| <i>Jurass. sup.</i> | <i>Jurass. infravalanginien</i> | <i>Valanginien inf. sup.</i> | <i>Berriasien</i> | <i>Berriasien</i> |

Fig. 3. – Terminologie employée dans le Jura méridional pour définir les principales unités lithologiques néocomiennes.

Environ 7 km plus au SE, le rafraîchissement du talus de la route reliant Le Malpas à Musièges offrait une coupe naturelle du secteur occidental de la même faille. D'autre part, les connaissances sur la stratigraphie du Crétacé inférieur dans le Jura méridional ayant fortement progressé, notamment grâce aux travaux de M. MOUTY (1966), de N. STEINHAUSER (1970) et de B. CLAVEL et P. DONZE (à paraître) et grâce à la découverte de fossiles de zones (ammonites et échinides) dans les deux coupes précitées, il devient possible, à l'heure actuelle, de comparer et de suivre les évolutions des différents environnements de chaque côté de la faille du Vuache (fig. 3).

3.1.1. Coupe des tunnels de l'autoroute A42 (versant oriental de la faille du Vuache) (fig. 4, 5, 6).

Au-dessus des faciès purbeckiens typiquement jurassiens qui se développent sur 38 m, apparaît la formation de Pierre-Châtel (29 m) composée de calcaires blancs massifs; ce sont généralement des biomicrites riches en algues (dasycladacées) correspondant à un milieu de plate-forme extrêmement peu profonde, d'où la présence de nombreux birdseyes. Cette barre calcaire est surmontée par la formation de Vions (27 m) caractérisée par une couleur sombre et une lithologie très variée où le quartz détritique est toujours présent, ce qui la différencie fondamentalement des deux formations qui l'encadrent. Elle comprend des calcarénites, des micrites, des marnes et des niveaux charbonneux; à la base, nous avons identifié *Keramospaera allobrogensis* STEINHAUSER, BRONNIMANN, KOEHN-ZANINETTI. Au-dessus, une nouvelle formation d'environ 27 m de puissance, présente de très grandes similitudes lithologiques avec la formation de Pierre-Châtel; il s'agit de la formation de la Chambotte (niv. 1 à 3; fig. 5) qui ne peut s'en distinguer paléontologiquement, dans l'état actuel de nos connaissances, que par la présence de *Pfenderina neocomiensis* (PFENDER).

Environ 6 m de marnes schistoïdes, plissotées, surmontent la formation de la Chambotte; elles correspondent aux Marnes d'Arzier (niv. 4 à 6; fig. 5) dans lesquelles nous avons trouvé des stromatopores (galerie sud de l'autoroute). L'épaisseur de cette formation reste douteuse car cet horizon plastique a servi de plan de glissement entre la formation de la Chambotte au-dessous et le Calcaire roux au-dessus; on peut cependant considérer qu'elle en a été peu affectée, car la plus grande épaisseur connue des Marnes d'Arzier atteint 9 m au Val de Fier; partout ailleurs, leur épaisseur est bien moindre (0,40 m à 4 m). Le Calcaire roux atteint une quarantaine de mètres de puissance et se compose essentiellement de calcarénites (grainstone) plus ou moins quartzueuses et glauconieuses, avec de rares structures entrecroisées et de nombreux silex (niv. 7 à 14; fig. 5).

Le Calcaire roux est séparé des «Marnes d'Hauterive» par un niveau lumachellique à huîtres (Calcaire à *Alectryonia rectangularis*; niv. 15 à 22, fig. 5) dans lequel nous avons découvert avec des gastéropodes, des belemnites, des térébratules et des nautilus, un exemplaire de *Teschenites* sp.

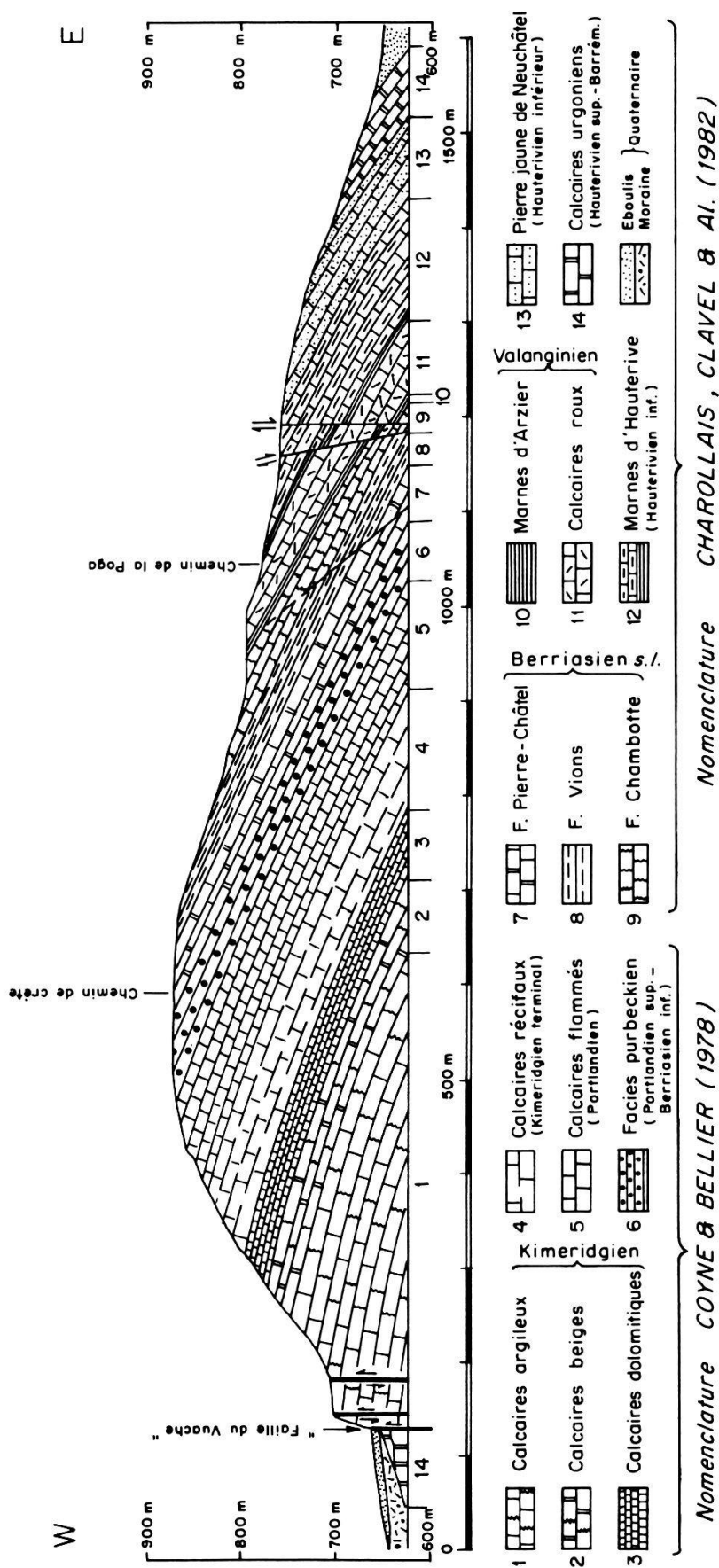


Fig. 4. - Profil de la Montagne du Vuache, sur la transversale d'Arcine (Rapport COYNE & BELLIER, 1978); modifié au niveau des formations d'âge crétacé (faciès et épaisseurs).

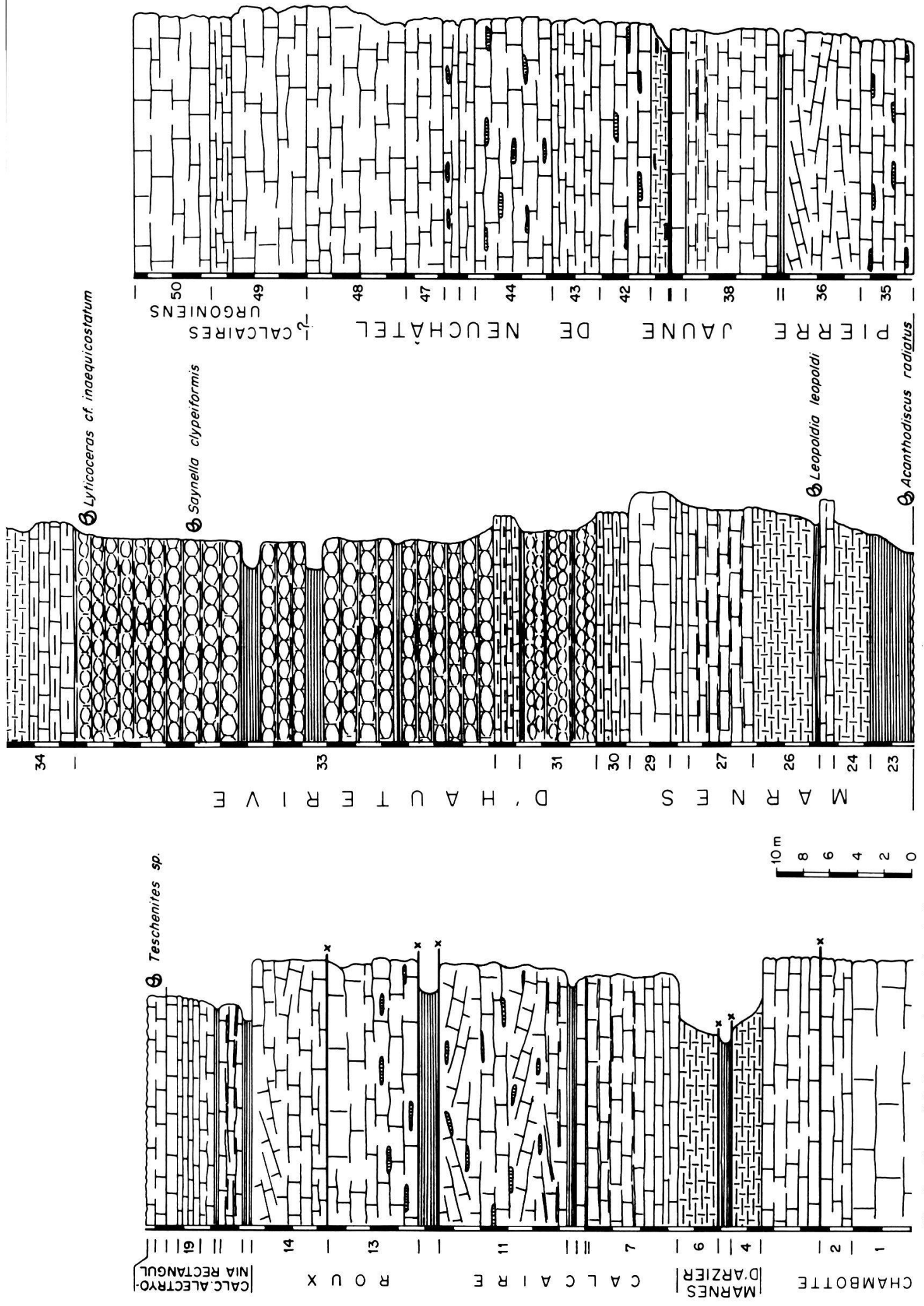


Fig. 5. - Coupe lithologique des galeries de l'autoroute A42 (versant oriental de la faille du Vuache); coupe synthétique. Légende des lithofaciès: voir fig. 6.

marquant le passage du Valanginien à l'Hauterivien (= sommet de la zone à *callidiscus*). Le Calcaire à *Alectryonia rectangularis* est surmonté par un niveau condensé. Par contre, la zone à *verrucosum* qui se trouve au-dessus du Calcaire roux dans le N du Jura, n'apparaît pas ici; cette absence caractérise tout le S du Jura.

Les «Marnes d'Hauterive» (niv. 23 à 34; fig. 5) consistent en une série de marnocalcaires quartzo-glauconieux, plus ou moins argileux, dans lesquels s'intercalent deux barres plus calcaires à faciès «Pierre jaune». Dans ces faciès détritiques typiques d'un environnement circalittoral, nous avons recueilli, dans la partie inférieure, la faune classique de l'Hauterivien inférieur*:

- Acanthodiscus radiatus* BRUG. (1 ex.)
- Leopoldia* gr. *leopoldi* D'ORB. (1 ex.)
- Saynella neocomiensis* BAUMB. (1 ex.)
- Leopoldia* sp. ind. (1 ex.)
- Olcostephanus* sp. ind. (1 ex.)
- Nautilus* gr. *neocomiensis* D'ORG. (1 ex.)
- Toxaster amplus* DESOR (4 ex.)
- Toxaster crassisulcatus* CLAVAL **
- Rhynchonella* sp. (1 ex.)

Au sommet de ces marnes (niv. 33; fig. 5), au contact des faciès «michoïdes» de transition avec la «Pierre jaune de Neuchâtel», nous avons récolté un exemplaire de *Lyticoceras nodosoplicatum* KILIAN, avec plusieurs *Cymatoceras pseudoelegans* BRUG.

La «Pierre jaune de Neuchâtel» des auteurs atteint une puissance de 44 m (niv. 35 à 48; fig. 5) et se compose généralement de calcarénites (grainstone) plus ou moins quartzo-glauconieuses, parfois à silex, dans lesquelles s'intercalent quelques niveaux marnocalcaires; la partie inférieure des faciès carbonatés présente quelques structures entrecroisées. Le passage de la «Pierre jaune de Neuchâtel» aux calcaires urgoniens blanchâtres est tout à fait graduel; les épisodes marnocalcaires («Russilien», «Urgonien jaune») généralement observés dans le domaine jurassien n'ont pas pu être identifiés avec certitude dans les galeries de l'autoroute. Cependant, ils ont été décrits par H. SCHARDT (1891) le long de la route Arcine-Chevrier.

3.1.2. Coupe le long de la route reliant le Malpas à Musièges

(versant occidental de la faille du Vuache) (fig. 6, 7, 8, 9)

Les affleurements observables le long de cette route sont affectés par une faille annexe assez importante, mais dont l'impact stratigraphique est

* Seules, les ammonites à valeur chronostratigraphique précise ont été reportées sur la fig. 5.

** Caractérisé par un large sillon antérieur à bords abrupts et par la présence de deux plaques préanales dans l'interambulacre 5.

LEGENDE LITHOLOGIQUE

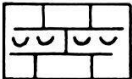
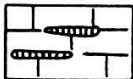
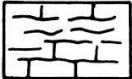

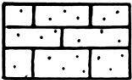
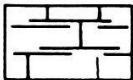

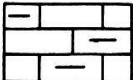

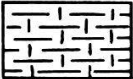
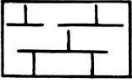

| | | | |
|--|--|--|---|
|  | Bancs de calcaires à stromatopores |  | Bancs calcaires avec lentilles de silex |
|  | Bancs de calcaires noduleux |  | Niveaux marneux avec nodules calcaires |
|  | Bancs de calcaires très quartzeux |  | Bancs de calcaires avec joints marneux |
|  | Bancs calcaires à structure michoïde avec joints marneux |  | Calcaires peu argileux |
|  | Niveaux calcaires à structures entrecroisées |  | Marnocalcaires à calcaires argileux |
|  | Bancs calcaires avec diastems |  | Marnes schistoïdes ± argileuses |
| x———x Faille visible | | x-----x Faille probable | |

Fig. 6. – Légende des lithofaciès des coupes relevées dans la Montagne du Vuache et au Mont de Musièges (fig. 5, 8, 9, 11).

mineur, puisque toutes les formations classiques du Néocomien peuvent être reconnues (fig. 7). Cette faille est parallèle à la cassure principale du Vuache, qui passe au NE du Mont de Musièges. La faille secondaire passe à la hauteur de l'élargissement de la route (parking); elle se suit jusqu'au-dessus des prés du Mont, isolant ainsi une barre inférieure orientale de la masse principale du Mont de Musièges. M. MOUTY (1966, p. 49-58) qui avait relevé très minutieusement cette coupe, avait noté, selon la conception du «Valanginien» de l'époque et suivant la terminologie de l'auteur, «la disparition de trois grandes unités du Valanginien: le «Valanginien supérieur calcaire» (Calcaire roux), le «Calcaire du Val de Fier» (Marbre bâtard) et les «Couches de la Corraterie». Cet auteur attribuait déjà cette «disparition» à un accident tectonique. Du fait du rafraîchissement de la coupe à la pelle mécanique, nous avons procédé à un nouveau levé lithologique banc par banc et à un échantillonnage plus complet.

Coupe des formations comprises entre le Purbeckien et le Calcaire roux (fig. 6, 8)

Au-dessus des calcaires micritiques replissés et écrasés à faciès purbeckien, apparaît une barre de calcaires blanchâtres d'environ 25 m

d'épaisseur; il s'agit de la formation de Pierre-Châtel (= Calcaire de Thoiry; M. MOUTY, 1966) caractérisée par des faciès souvent micritiques à birdseyes correspondant à un milieu de plate-forme souvent proche de l'émergence et dépourvue d'arrivées terrigènes; les dasycladacées abondent et sont parfois associées à des coraux et à des nérinées.

La formation de Pierre-Châtel est surmontée par la formation de Vions (= Couches de la Corraterie; M. MOUTY, 1966) qui affleure sur 13,50 m d'épaisseur (niv. 2 à 21; fig. 8); M. MOUTY (1966) l'avait estimée à 3,10 m. Quelques failles affectent cette unité lithologique fort complexe dans le détail: calcaires micritiques souvent bioturbés, calcaires bioclastiques (wacke- et packstone), marnes plus ou moins argileuses mais toujours riches en quartz détritiques. A la base de cette formation, nous avons repéré *Keramosphaera allobrogensis* STEINHAUSER, BRONNIMANN, KOEHN-ZANINETTI. Il est fort probable que la formation de Vions ait été amputée de sa partie supérieure, car au sommet, un plan de faille important, souligné par une veine de calcite et par un banc de calcaire écrasé, sépare cette formation d'une nouvelle unité supérieure marneuse épaisse de 2,50 m au sein de laquelle un banc calcaire de 0,30 m (niv. 23; fig. 8) semble injecté. Cette unité marneuse (niv. 21 à 24; fig. 8) est à rapporter sans ambiguïté aux Marnes d'Arzier, car elle en renferme l'association classique:

Acrosalera patella AG.

Goniopygus decoratus DESOR

Plegiocidaris cf. pustulosa A. GRAS

Polydiadema grasi DESOR

Trochotiara caroli DE LORIOU

Trochotiara pusilla LAMBERT

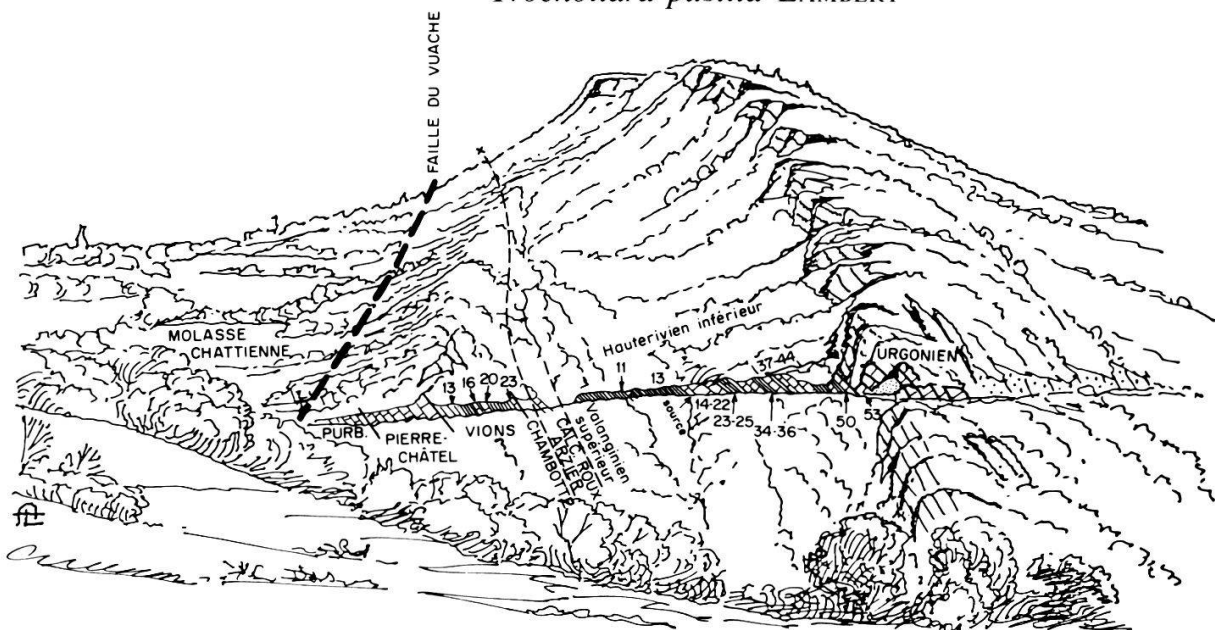


Fig. 7. – Vue sur le flanc septentrional du Mont de Musièges (rive gauche du Fornant), depuis Le Malpas. Dessin d'A. LOMBARD (1982). Les nombres correspondent aux numéros des figures 8 et 9 (coupes lithologiques du Mont de Musièges).

Les brachiopodes sont rares et nous n'y avons jamais observé de spongiaires pourtant si fréquents dans la localité type d'Arzier. A notre avis, le banc calcaire de 0,30 m (niv. 23; fig. 8) doit être interprété comme une écaille tectonique appartenant à la formation de la Chambotte (= Calcaire du Val de Fier; M. MOUTY, 1966); celle-ci aurait été injectée dans les Marnes d'Arzier.

Enfin, au-dessus, terminant la partie inférieure de la coupe, apparaissent sur 0,50 m des bancs attribuables probablement au Calcaire roux (niv. 25; fig. 8). Au contact de cette formation avec les Marnes d'Arzier, passe certainement un plan de faille.

L'ensemble lithologique que nous venons de décrire comporte plusieurs lacunes dues au jeu de la tectonique; il est séparé par une faille mineure de la suite de la coupe qui se poursuit quelques mètres plus au SE, le long de la route reliant Le Malpas à Musièges.

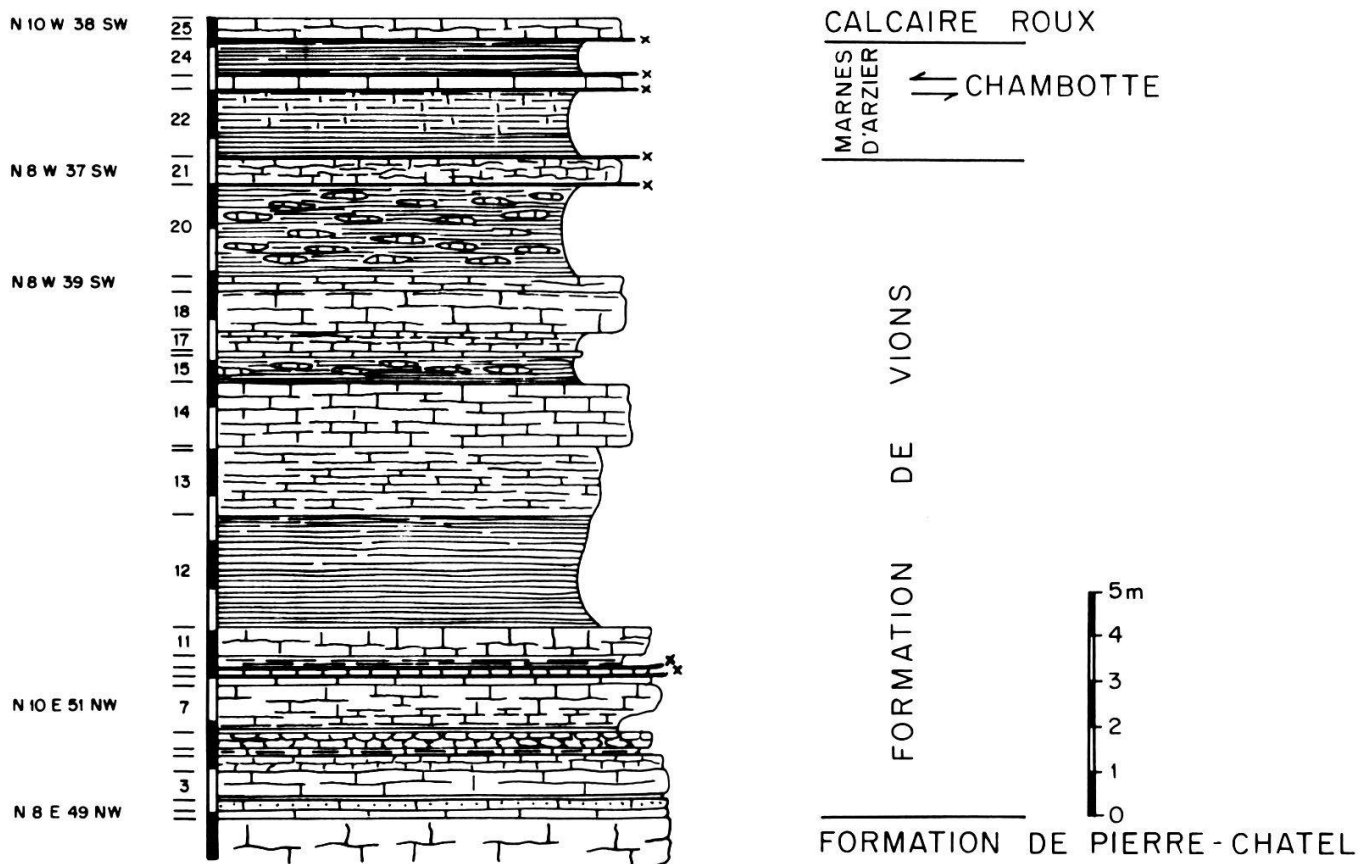


Fig. 8. - Coupe lithologique des formations comprises entre le Purbeckien et le Calcaire roux, le long de la route reliant Le Malpas à Musièges (versant occidental de la faille du Vuache). Légende des lithofaciès: voir fig. 6.

*Coupe des formations valanginienne et hauterivienne (fig. 6, 9)**

La seconde partie de la coupe (fig. 9) a été dégagée à la pelle mécanique; malgré tout, la partie inférieure comporte des empâtements quaternaires tels qu'il n'a pas été possible de découvrir les roches du substratum. La base de la coupe est essentiellement marneuse; elle est divisée en trois affleurements séparés par des éboulis. Le premier affleurement situé à l'W de la faille qui surmonte le Calcaire roux n'a fourni jusqu'ici que deux lamellibranches indicateurs de milieux circalittoraux (niv. 2; fig. 9). Le second (niv. 6; fig. 9), quelques mètres au-dessus, recèle, à sa base, *Duvalia dilatata* DE BLAINVILLE (Valanginien/Hauterivien) et *Toxaster granosus* D'ORB., échinide qui ne dépasse pas le sommet du Valanginien; dans ce même affleurement, à 0,40 m plus haut (base du niv. 8; fig. 9), nous avons récolté *Acanthodiscus radiatus* BRUG. et *Toxaster crassisulcatus* CLAVEL**, forme très particulière qui, dans le Jura et la région subalpine, marque l'extrême base du niveau à *Acanthodiscus radiatus* BRUG. de la zone à *radiatus* (base de l'Hauterivien). Le troisième affleurement, avec lequel la coupe reprend de façon continue, a fourni entre les niveaux 10 et 38 (fig. 9) une riche faune d'échinides d'âge hauterivien caractéristique du faciès circalittoral des «Marnes d'Hauterive»:

Holaster intermedius AG.

Nucleolites gr. *placentula* DESOR

Plagiochasmus cf. *olfersii* AG.

Toxaster amplus DESOR

Cette faune est accompagnée de lamellibranches tels que *Pholadomya elongata* MUNSTER, *Ptychomia neocomiensis* DE LORIOI. Nous venons d'y collecter également plusieurs ammonites de la zone à *radiatus* (niv. 15, 16; fig. 9):

Breistofferella sp. juv.

Saynella neocomiensis BAUMB.

Olcostephanus sp.

La coupe se poursuit par des calcaires marneux quartzo-glauconieux, à stratifications entrecroisées; au-dessus, les faciès deviennent plus argileux; puis, se développent des alternances de niveaux marnocalcaires à texture parfois «michoïde», de calcaires quartzo-glauconieux parfois à silex et de marnes à nodules calcaires: vers la base de ce complexe lithologique (niv. 38; fig. 9), nous avons prélevé un exemplaire de *Lyticoceras claveli* BUSNARDO & THIEULOY** qui correspond à la troisième zone de l'Hauterivien inférieur. M. MOUTY (1966) y signale également (niv. 36; fig. 9) une *Leopoldia* sp. qui n'a pas été retrouvée dans ses collections déposées à Genève.

* Seules, les ammonites à valeur chronostratigraphique précise ont été reportées sur la figure 9.

** Ces nouvelles formes seront formellement décrites dans la Monographie consacrée à la révision de l'étage hauterivien (Neuchâtel, 1983).

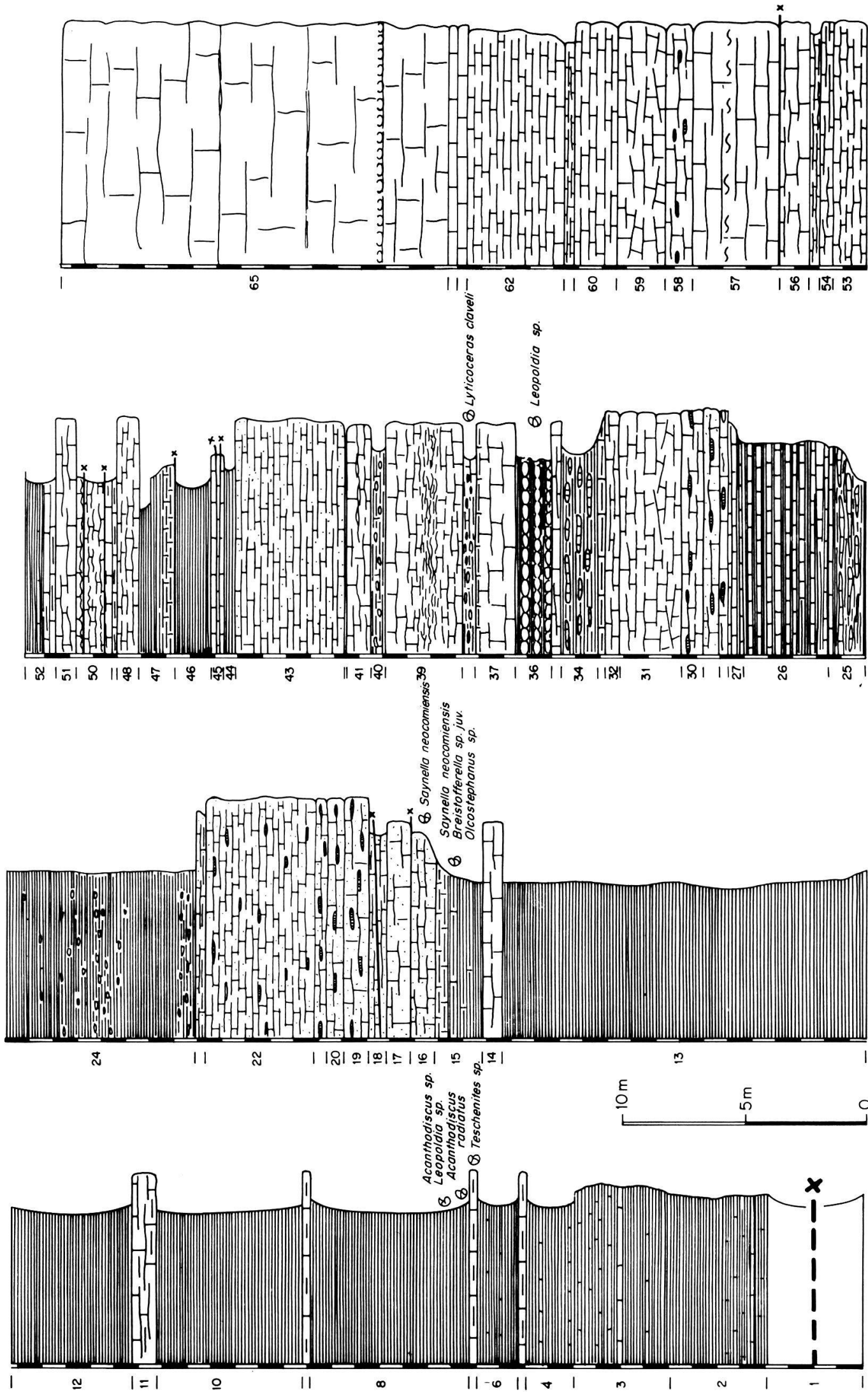


Fig. 9. – Coupe lithologique des formations valanginienne et hauteriviienne, le long de la route reliant Le Malpas à Musièges (versant occidental de la faille du Vuache). Légende des lithofaciès: voir fig. 6.

Reste une vingtaine de mètres entre ces faciès de l'Hauterivien inférieur et les calcaires blanchâtres à faciès urgoniens (niv. 56 à 65; fig. 9). La lithologie est variée: calcaires quartzo-glauconieux, parfois oolitiques, calcaires marneux noduleux, marnes. Très souvent, les sommets de bancs portent des encroûtements ferrugineux (hard-grounds) et sont riches en petites huîtres; autant de caractères qui reflètent un environnement de hauts-fonds balayés par les courants, à très faible taux de sédimentation. Le dernier niveau marnocalcaire (niv. 52; fig. 9) vient de livrer des échinides à valeur écologique et chronologique:

- fragment de *Toxaster* indicateur, tout comme les nombreux lamelli-branches qui l'accompagnent, d'un retour au milieu circalittoral identique à celui de la zone à *radiatus*;

- 2 exemplaires de *Pygurus montmolini* AG., forme uniquement connue, pour l'instant, au Valanginien et à l'Hauterivien inférieur;

- 1 exemplaire de *Phyllobrissus gresslyi* AG., forme assez communément répandue dans l'Hauterivien inférieur, exceptionnellement citée dans l'Hauterivien supérieur;

- 1 exemplaire de *Phyllobrissus neocomiensis* AG. trop mal connu pour être doté d'une signification stratigraphique précise, mais cependant lui aussi réputé exclusivement hauterivien.

Les calcaires urgoniens débutent à 5 m au-dessus des derniers niveaux marneux. Un horizon à stromatopores (niv. 57; fig. 9) remarquable dans toute la région (M. CONRAD, 1969), directement surmonté par des faciès à silex (niv. 58; fig. 9), caractérise la partie inférieure de la formation des calcaires urgoniens.

3.1.3. Comparaison des séries valanginienne et hauterivienne sur les deux versants de la faille du Vuache (fig. 10, 11)

De nos observations stratigraphiques sur les deux versants de la faille du Vuache, il ressort clairement des différences d'épaisseur, de lithologie et de faune, à certaines époques géologiques. Il faut rappeler que, par rapport à nos deux prédécesseurs, A. WAGNER (1962) et M. MOUTY (1966), qui ont pressenti ces différences, nous disposons de plusieurs nouveaux avantages: meilleure connaissance stratigraphique du Crétacé jurassien, coupes nouvelles et rafraîchies, découverte de fossiles de zones (ammonites, échinides), détermination d'associations faunistiques à valeur écologique (échinides, lamelli-branches, gastéropodes, ostracodes).

Nous ne nous attarderons pas sur les variations d'épaisseur que présentent, de part et d'autre de la faille du Vuache, certaines formations telles que le Purbeckien ou la formation de Pierre-Châtel. La lithologie restant constante, donc le paléo-environnement ayant été identique, ces variations de puissance résultent simplement d'une variabilité du taux de sédimentation bien connue partout ailleurs sur la plate-forme jurassienne. Quant aux formations de Vions et de la Chambotte, elles ne sont guère comparables

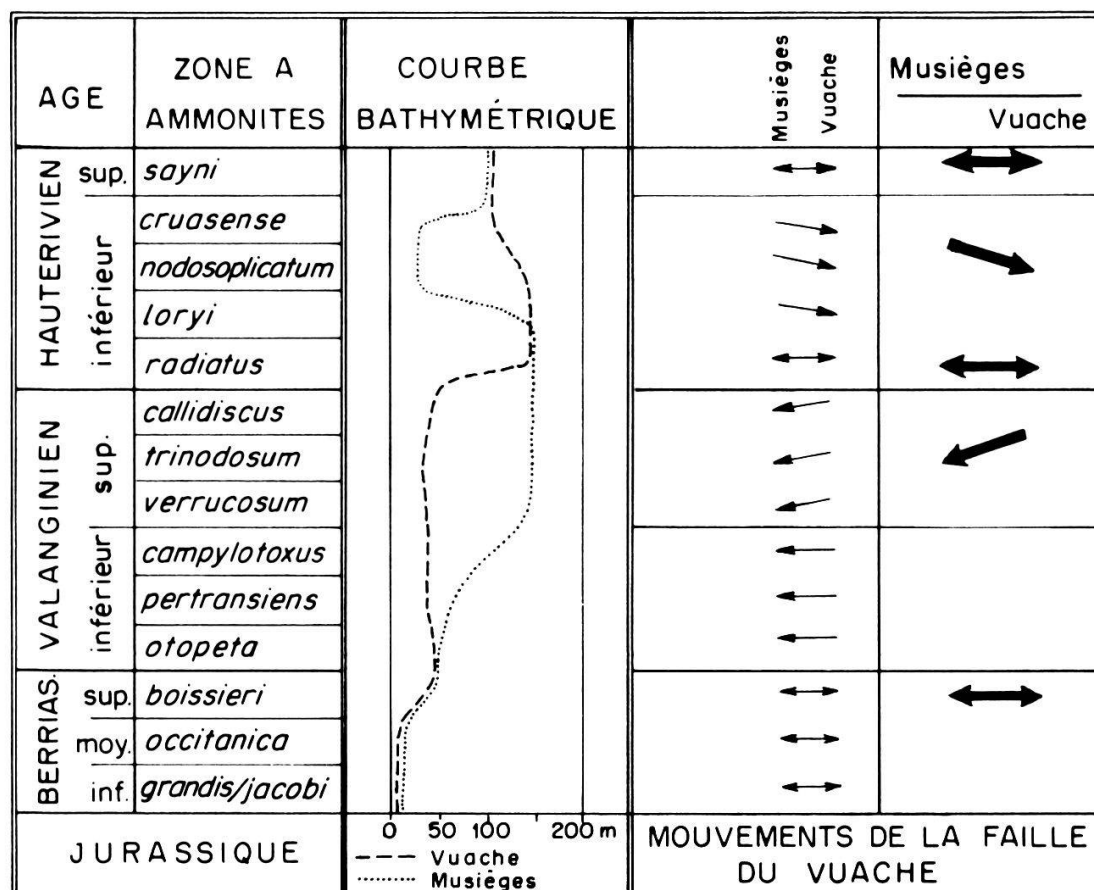


Fig. 10. – Evolution bathymétrique et tectonique du versant oriental (Montagne du Vuache) et du versant occidental (Mont de Musièges) de la faille du Vuache, du Berriasien inférieur à l'Hauterivien supérieur.

sur les deux versants de la faille du Vuache, car elles ont été très fortement affectées par la tectonique au Mont de Musièges. Toutefois, les portions de ces formations qui ont été épargnées des effets dynamiques, présentent des lithologies identiques des deux côtés de la fracture du Vuache.

Grâce aux fossiles de zones trouvés à la fois dans les galeries de l'auto-route A42 (versant oriental) et le long de la route entre Le Malpas et Musièges (versant occidental), il est possible de comparer les environnements sur quatre isochrones (fig. 10):

- au Valanginien supérieur (zone à *callidiscus*);
- à la partie inférieure de l'Hauterivien inférieur (zones à *radiatus* et *loryi*);
- à la partie supérieure de l'Hauterivien inférieur (zones à *nodosoplicatum* et *cruasense*);
- à la base de l'Hauterivien supérieur.

3.1.3.1. Valanginien supérieur (zone à *callidiscus*)

Au Mont de Musièges, sur le versant occidental de la faille du Vuache, le sommet du Valanginien attesté par la présence de *Toxaster granosus*

D'ORB. et de *Teschenites* sp. est représenté par des marnes. Au même moment, sur le versant oriental, dans les galeries de l'autoroute A 42, s'est déposé un calcaire lumachellique très glauconieux et très bioturbé, riche en huîtres et daté grâce à un *Teschenites* sp.: c'est le faciès à *Alectryonia rectangularis* largement développé sur la plate-forme jurassienne où sa faune d'ammonites est caractéristique de la zone à *callidiscus*. Les faciès à prédominance d'argiles, à l'W, et de carbonates avec glauconie (grainstone), à l'E, ainsi que les faunes à *Toxaster*, à l'W, et à huîtres, à l'E, démontrent qu'à la fin du Valanginien, le versant occidental (Mont de Musièges) correspondait à des fonds marins de l'ordre de -100 à -200 m, caractérisés par un faible hydrodynamisme alors que la partie orientale du Vuache constituait un haut-fond sur lequel régnait un fort hydrodynamisme et où la tranche d'eau ne devait guère dépasser 30 à 60 m.

3.1.3.2. *Partie inférieure de l'Hauterivien inférieur (zones à radiatus et loryi)*

De part et d'autre de la faille du Vuache, deux zones de l'Hauterivien inférieur ont été identifiées: zones à *Acanthodiscus radiatus* et à *Lyticoceras nodosplicatum*. Dans les galeries de l'autoroute A 42 (Vuache oriental), nous avons recueilli dans les «Marnes d'Hauterive», un *Acanthodiscus radiatus* BRUG., des *Leopoldia* et un *Lyticoceras*. Par contre, dans la coupe du Mont de Musièges, nous avons découvert à la base d'un ensemble marneux (niv. 8; fig. 9), *Acanthodiscus* sp. et à son sommet (niv. 15; fig. 9), *Saynella neocomiensis* et *Breistrofferella* sp. toujours de la zone à *radiatus*, tandis qu'au niveau 38 (fig. 9), au-dessus du niveau 36 à *Leopoldia* sp. (M. MOUTY, 1966), nous avons récolté *Lyticoceras claveli* (zone à *nodosplicatum*). Les faciès et les macrofaunes diffèrent très peu de part et d'autre de la faille du Vuache, à l'Hauterivien inférieur. Le versant occidental semble plus argileux, mais les ammonites et les oursins appartiennent à la même niche écologique; au Mont de Musièges pourtant, l'association d'oursins est plus diversifiée spécifiquement que dans le Vuache oriental où nous n'avons repéré que *Toxaster amplus* DESOR.

Rappelons qu'entre les niveaux 8 et 38 de la coupe du Mont de Musièges (fig. 9) nous avons reconnu l'association d'échinides et de lamellibranches suivante:

Coenholectypus macropygus AG.
Holaster intermedius MUNSTER
Nucleolites gr. *placentula* DESOR
Plagiochiasma olfersii AG.
Toxaster amplus DESOR
Panopea plicata SOW
Pholadomya elongata MUNSTER
Pleuromya neocomiensis D'ORB.
Ptychomia neocomiensis DE LORIO
Trigonia cf. *caudata* D'ORB.

En conclusion, il est certain que dans les deux premières zones de l'Hauterivien inférieur, les environnements des deux côtés de la faille du Vuache furent assez semblables; ils correspondaient à la zone circalittorale (entre -100 et -200 m) avec une tranche d'eau peut-être plus forte à l'W qu'à l'E. Toutefois, il faut signaler des différences dans les associations d'ostracodes sur chacun des versants de la faille (H.-J. OERTLI; communication écrite du 27.10.1981); une étude micropaléontologique est actuellement en cours sur ce sujet.

3.1.3.3. *Fin de l'Hauterivien inférieur (zones à nodosoplicatum et crua-sense).*

Si l'on admet provisoirement que la base des calcaires urgoniens est à peu près synchrone des deux côtés de la faille du Vuache (M. CONRAD, 1969, fig. 25), des différences importantes apparaissent au milieu de l'Hauterivien inférieur dans les faciès et les faunes.

Au Mont de Musièges, les dépôts atteignent à cette époque à peine une vingtaine de mètres d'épaisseur. Bien que les carbonates prédominent, il existe des niveaux marneux parfois d'ordre métrique dans lesquels nous avons recueilli des associations à signification écologique composée d'oursins, de gastéropodes, de lamellibranches, de serpules et de cirripèdes.

Cidaridés

Gonyopygus peltatus AG.

Pygurus sp.

Odostomopsis sp.

Omalaxis cf. *carcitanense* MATHERON

Camptonectes sp.

Ceratostreon cf. *boussingaulti* D'ORB.

Ctenoides cp.

Astarte sp.

Fimbria michaillensis PICT. & CAMP.

Lopha neocomiensis

Mantellum sp.

Neitheia (*Neithella*) sp.

Protocardia sp.

Pycnodonte (*Phygrea*) sp.

Pycnodonte (*Cnetostrea*) sp.

Sarcinella socialis (abondant)

Cirripèdes sur belemnites et exogyres

Les nombreux hard-grounds avec encroûtements siliceux et ferrugineux où généralement abondent les débris de coquilles (huîtres fréquentes), la faible épaisseur de sédiments (condensation) et les associations faunistiques démontrent que la région du Mont de Musièges correspondait à une zone de haut-fond distal où la tranche d'eau ne dépassait pas 25 à 50 m,

à la fin de l'Hauterivien inférieur. D'autre part, l'existence des pycnodontes, formes fixées par leur charnière, implique un courant unidirectionnel. Le versant occidental de la faille du Vuache a dû subir un mouvement vertical positif nécessaire à la «montée» des fonds puisque, à lui seul, le taux de sédimentation ne suffit pas à expliquer la réduction de la tranche d'eau, à la partie supérieure de l'Hauterivien inférieur.

Sur le versant oriental de la faille du Vuache, dans les galeries de l'auto-
route A42, les dépôts attribués à la fin de l'Hauterivien inférieur et caracté-
risés par le faciès «Pierre jaune de Neuchâtel» se développent sur 44 m et
reposent sur une quinzaine de mètres de marnocalcaires «michoïdes» au
contact desquels a été récolté *Lyticoceras nodosoplicatum* KILIAN. Malheu-
reusement, nous n'avons aucune macrofaune dégagée dans les biosparites
(grainstone) quartzo-glauconieuses, riches en débris d'échinodermes. De
ce côté de la faille, le taux de sédimentation est suffisant pour ne pas avoir
besoin d'invoquer un mouvement vertical positif des fonds, pour expliquer
la diminution d'approfondissement du début à la fin de l'Hauterivien infé-
rieur.

La comparaison des séries analysées sur les versants occidental et orien-
tal de la faille du Vuache, montre que:

- à la fin du Valanginien, le versant oriental du Vuache représente un haut-fond par rapport au flanc occidental (Mont de Musièges);
- au début de l'Hauterivien inférieur, les milieux de sédimentation semblent assez voisins des deux côtés de la faille;
- à la fin de l'Hauterivien inférieur, la région du Mont de Musièges subit un mouvement positif provoquant des hauts-fonds alors que la zone orientale se comble lentement.

Ces constatations impliquent une mobilité différentielle des fonds et donc un dynamisme de la faille du Vuache dès la fin du Valanginien et pendant tout l'Hauterivien inférieur.

3.1.3.4 *Base de l'Hauterivien supérieur*

Au début de l'Hauterivien supérieur, on observe soit dans la coupe du Mont de Musièges (versant occidental) soit dans celle que H. SCHARDT (1891) a décrite le long de la route Arcine–Chevrier (versant oriental) (fig. 11), des faciès circalittoraux à lamellibranches d'ailleurs reconnus dans tout le Jura méridional et situés partout sous la barre urgonienne. Il semble donc qu'à cette époque les deux versants de la faille du Vuache aient retrouvé des conditions bathymétriques et sédimentologiques très similaires.

3.2. *Observations tectoniques*

Après avoir défini les milieux de sédimentation à quatre moments pré-
cis du Crétacé inférieur sur chacun des versants de la faille du Vuache,
l'un au Mont de Musièges, l'autre à la hauteur de l'auto-
route A42, il reste

COUPE DE LA MONTAGNE DU VUACHE
 Route Chevrier - Arcine
 d'après H. SCHARDT (1891)

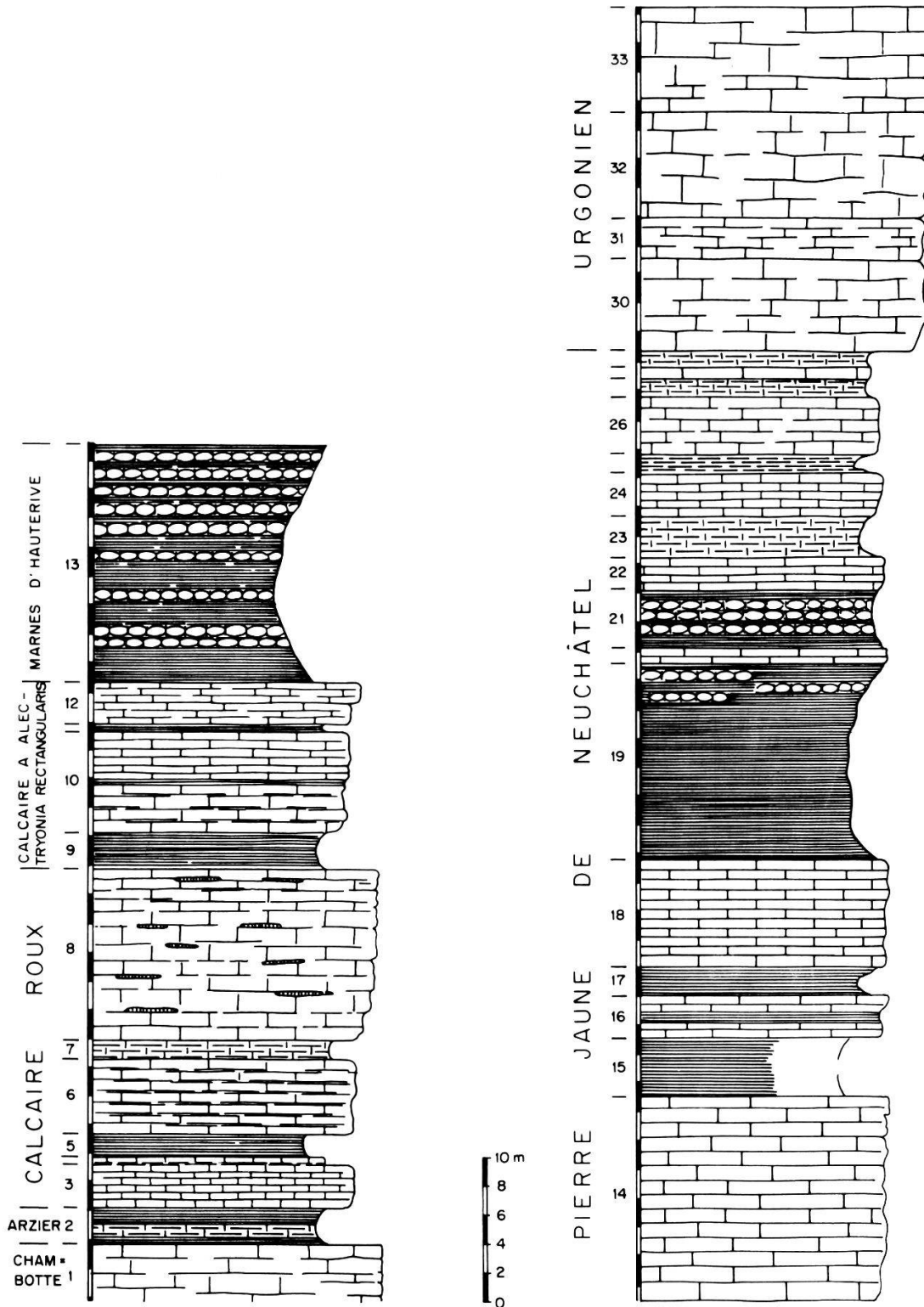


Fig. 11. - Coupe lithologique schématique du flanc septentrional de la Montagne du Vuache, le long de la route Chevrier-Arcine, d'après H. SCHARDT (1891). Légende des lithofaciès: voir fig. 6.

à démontrer quelle était la position de ces deux régions l'une par rapport à l'autre, à la fin du Valanginien et à l'Hauterivien.

Comme nous l'avons rappelé dans l'historique, la plupart des géologues considèrent la faille du Vuache comme un décrochement sénestre majeur dont le rejet atteindrait selon certains une dizaine de kilomètres ou plus; cette hypothèse impliquait généralement de paralléliser la chaîne du Semnoz avec la Montagne de la Balme. Après les travaux de B. DOUDOUX (1967) et de N. STEINHAUSER (1970), on a vu qu'il convenait d'abandonner cette hypothèse.

D'autant plus que N. STEINHAUSER a défini en 1970 une zone paléogéographique intermédiaire entre les faciès jurassiens de plate-forme et les faciès subalpins plus profonds: c'est la zone présubalpine qui s'étend sur une largeur de quelques kilomètres le long du front subalpin, depuis le Vercors septentrional jusqu'au Semnoz (cluse du Chéran) (fig. 12). Or, d'après les résultats du forage Faucigny 1, on sait que la zone présubalpine passe probablement légèrement à l'E de Peillonex, ce qui rend très improbable la possibilité d'un décrochement important à la hauteur d'Annecy.

La cartographie géologique détaillée de la partie méridionale du Vuache et du Mont de Musièges a permis de relever toute une série de failles normales d'extension, particulièrement bien visibles sur la face occidentale escarpée du Vuache. D'ailleurs, ces nombreuses failles en gradins expliquent pourquoi il est si difficile de suivre les barres calcaires jurassiques ou crétacées dans la falaise du Vuache, le jeu des failles ayant complètement disloqué le versant occidental de la montagne. Ces fractures d'extension étaient particulièrement évidentes dans les galeries de l'autoroute A42 (fig. 4) et ont été dessinées par COYNE et BELLIER (1978).

Enfin, dans la région de Chaumont et du Malpas, une étude microtectonique sommaire nous a révélé trois types de mouvements, bien décelables par l'observation de plans et de stries de faille:

- mouvements verticaux correspondant à des failles normales d'extension; ils semblent prédominants dans la partie centrale et méridionale de la montagne du Vuache;
- mouvements horizontaux de type décrochement, orientés NW-SE, plus ou moins parallèles à la direction de l'axe du chaînon du Salève;
- mouvements obliques avec composante verticale qui pourraient parfaitement expliquer la montée du Mont de Musièges par rapport à l'abaissement axial de la montagne du Vuache, au Malpas.

Au vu de tous ces arguments, il nous semble, pour le moment, difficile de considérer la faille du Vuache comme un décrochement à fort rejet horizontal, en tout cas dans la région du Malpas. Nous rejoignons donc l'opinion de L. MORET (1922) qui voyait, dans cette faille, avant tout une cassure à rejet vertical*.

* Pour P. VIALON qui a parcouru la région du Vuache et à qui nous avons pu exposer nos observations, l'accident du Vuache pourrait bien correspondre à une faille principalement à rejet vertical (R.A.S.T., Paris, 1982; communication orale).

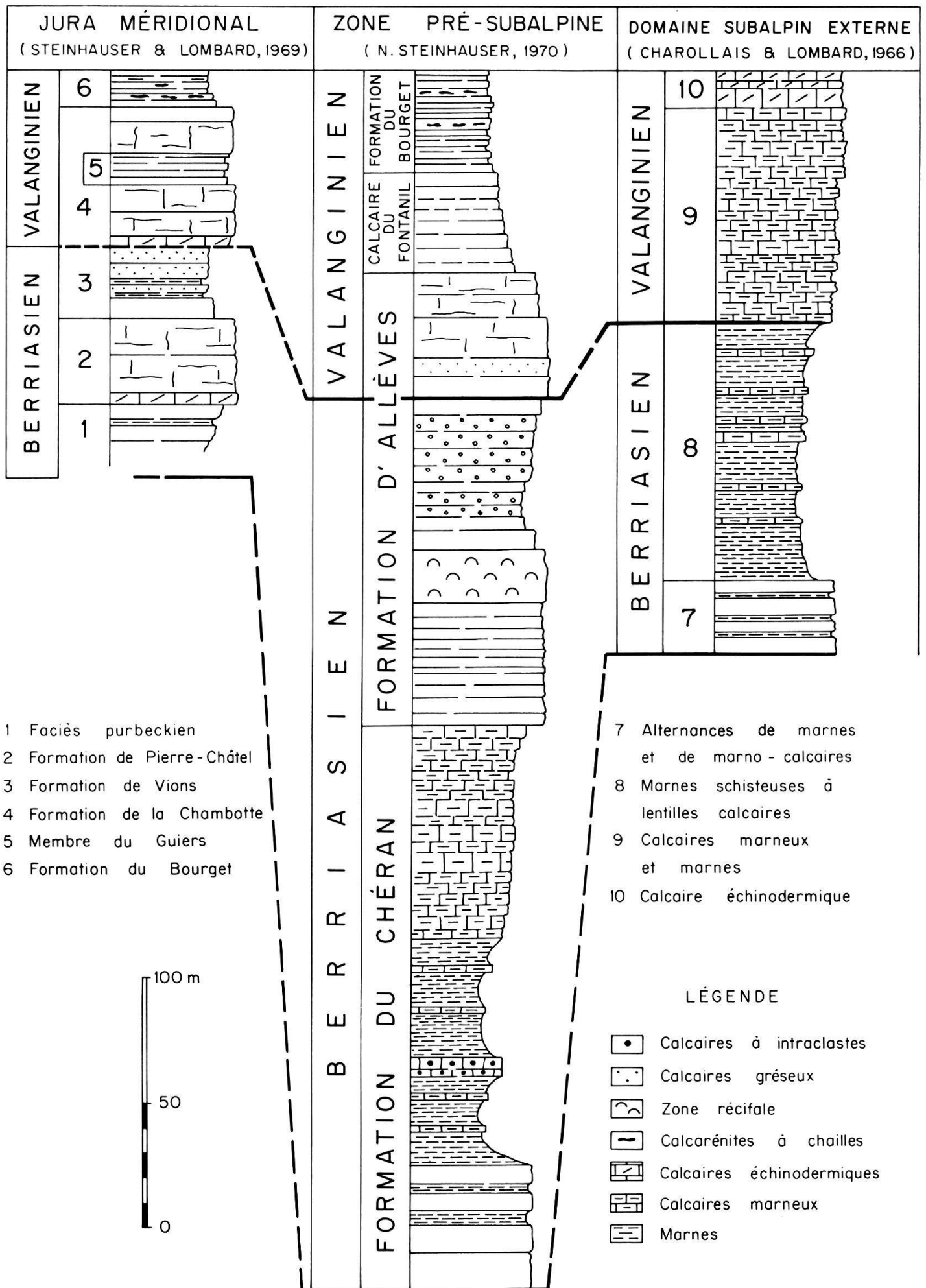


Fig. 12. – Lithostratigraphie des trois provinces sédimentaires comprises entre la plate-forme jurassienne et la zone subalpine, au Berriasien et au Valanginien, entre Genève et Annecy (N. STEINHAUSER, 1970). La lithologie du forage Faucigny 1 se rattache à la partie orientale de la plate-forme jurassienne, mais présente pourtant quelques affinités avec les faciès de la zone présuabpine.

Or, si nous optons pour cette hypothèse, on doit admettre que la faille du Vuache a fonctionné, tout au moins dans le secteur Le Malpas–Mont de Musièges, depuis le Crétacé et plus précisément depuis la fin du Valangien et pendant tout l’Hauterivien. Dans ce cas, il serait normal qu’elle ait également joué au cours des temps géologiques post-crétacés. C’est très probablement le cas. Grâce aux observations de nos prédécesseurs et aux nôtres, il est possible de démontrer son fonctionnement à l’Eocène, à l’Oligo-Miocène et à l’époque actuelle.

Une étude tectonique détaillée est cependant nécessaire pour affiner ces conclusions provisoires.

3.2.1. *Eocène (sidérolithique)*

A la fin du Crétacé et au début du Tertiaire, le Jura méridional, le Salève et les chaînes subalpines étaient émergés. Les produits de l’érosion continentale donnent des sables parfois très ferrugineux: c’est le faciès sidérolithique; d’après D. RIGASSI (1962, p. 46), «partout où le Sidérolithique a pu être daté, de la Savoie à l’Argovie, il est compris entre l’Yprésien supérieur et le Ludien, et il est surtout Lutétien à Bartonien». A cette époque, le Jura méridional et les régions avoisinantes avaient déjà subi des contraintes qui avaient produit ondulations et fractures dans lesquelles se sont infiltrés les sables continentaux sidérolithiques.

Ainsi, le Salève «se marquait, à l’Eocène, comme un pli à grand rayon sur lequel il est possible de mettre en évidence quelques ondulations axiales» (E. PAREJAS, 1938, p. 16). D’autre part, E. JOUKOWSKY et J. FAVRE (1913) démontrent, dans leur monographie sur le Salève, l’âge éocène ou même légèrement antérieur des failles longitudinales; l’étude du remplissage de ces failles par des grès sidérolithiques leur fait penser (p. 348) qu’elles «ont préexisté au dépôt du terrain sidérolithique, de telle sorte qu’en certains endroits (...) les grès ont pénétré en profondeur, remplissant les vides laissés par les cassures parfois modelées par les corrosions».

La faille principale du Vuache est également colmatée en bien des points par les grès sidérolithiques, ce qui prouve son antériorité par rapport à ces dépôts. Nos observations de terrain correspondent tout à fait aux descriptions de H. SCHARDT (1891). Mais, à cette époque, on croyait à l’origine «semi-plutonique» du sidérolithique; dans une communication du 19 avril 1875, E. BENOIT (p. 439) n’écrivait-il pas: «Quant à l’origine éruptive du Sidérolithique, elle n’est plus guère contestée; il est évident que ses éléments minéralogiques ne peuvent provenir du démantèlement des roches calcaires qui le supportent et l’entourent.» Malgré cette conception génétique erronée, nous citerons *in extenso* plusieurs passages du texte de H. SCHARDT (1891), car le remplissage de la faille du Vuache par les dépôts continentaux en plusieurs points, est exprimé sans ambiguïté.

En effet, H. SCHARDT décrit (pp. 76-77), près du château d’Arcine, «un amas de sable et d’argile rouge ferrugineux» au niveau de la faille du

Vuache. Ce point est, d'après l'auteur, «un des endroits les plus remarquables (...), car nulle part, l'existence de cette faille, ayant encore sur ce point un rejet de plus de 800 m, ne saurait être plus nettement visible!» Plus loin, aux environs du hameau du Malpas, il mentionne (p. 79) des affleurements observables le long du chemin reliant Chaumont au Malpas; au niveau de la faille du Vuache, plus exactement entre les deux lèvres de celle-ci, «se trouve un assez grand amas de grès sableux friable, très ferrugineux, de couleur jaune, rouge ou brun, à ciment, en partie calcaire et qui appartient au Sidérolithique». Et l'auteur d'ajouter: «La position de ce terrain (=sidérolithique) sur la crevasse même de la faille du Vuache semble justifier la supposition d'une éruption sidérolithique qui se serait déversée dans un lac.» Enfin, à Serzin (ou Sarzin), H. SCHARDT (p. 82) signale «un grand amas de terrain sidérolithique, intercalé entre l'urgonien (lèvre E de la faille du Vuache) et la molasse. (...) L'emplacement de ce dépôt, sur la faille du Vuache, indique bien celle-ci comme cheminée d'éruption». A la lecture de ces textes, il apparaît clairement que la faille du Vuache avait joué en extension avant l'Eocène, permettant ainsi son colmatage par les grès sidérolithiques.

3.2.2. *Oligo-Miocène*

Comme nous l'avons rappelé plus haut, H. SCHARDT (1891) expliquait l'absence de la molasse burdigalienne dans le bassin genevois par le jeu de la faille du Vuache au Miocène; le soulèvement du Vuache oriental le long de cette ligne de fracture aurait fait obstacle à l'avancée de la transgression marine burdigalienne vers le NE. En 1962, A. WAGNER analysait les séries tertiaires de part et d'autre de la faille du Vuache, dans la région du Malpas. Si nous sommes en accord avec les faits décrits, nous ne souscrivons pas à l'hypothèse proposée. En effet, nous pensons que rien ne s'oppose à admettre que les différences observées dans le bassin molassique genevois et albanais sur chacun des versants de la faille, résultent du jeu de cette fracture, à l'Oligocène et au Miocène d'autant plus que A. WAGNER (1962) a clairement démontré que «le périclinal du Mont de Musièges était déjà ébauché à l'Oligocène».

3.2.3. *Quaternaire*

A. DELAUNAY et J.-P. RAMPNOUX (1981) décrivent (p. 209) des «structures normales et inverses» dans la moraine caillouteuse würmienne à Chaumontet, au SE de la Balme-de-Sillingy et (p. 210) des «structures normales» dans les mêmes dépôts à Lovagny, au S de la Montagne d'Age. Mais, dans leurs conclusions, ces auteurs ne sont pas très affirmatifs quant à la tectonique quaternaire, puisqu'ils écrivent (p. 211): «Les déformations relevées dans les dépôts quaternaires sont extrêmement localisées. Bien entendu il faut rester très prudent sur leur interprétation, car certaines de ces déformations peuvent résulter de l'action dynamique des glaciers.» S'il

est difficile de se prononcer sur l'existence de mouvements quaternaires et de leur enregistrement dans les dépôts morainiques, il est par contre aisé de mettre en évidence l'activité de la faille du Vuache, au cours de l'époque historique récente.

4. SÉISMICITÉ ACTUELLE

De 1322 à 1980, près d'une centaine de séismes peuvent être imputés au jeu de la faille du Vuache (fig. 13). La localisation et les effets de ces nombreux tremblements de terre sont parfois rapportés avec imprécision dans les anciens écrits; toutefois, il a été possible de déterminer l'intensité à l'épicentre dans 27 cas et de quantifier la magnitude dans 7 autres cas.

Les intensités macroséismiques vont de I à IX sur l'échelle MSK, selon la distribution suivante:

- 1 séisme d'intensité II
- 2 séismes d'intensité III
- 2 séismes d'intensité IV
- 3 séismes d'intensité V
- 6 séismes d'intensité VI
- 5 séismes d'intensité VII
- 6 séismes d'intensité VIII
- 2 séismes d'intensité IX

Parmi les 7 séismes dont la magnitude a pu être évaluée, 4 séismes ont une magnitude variant de 3.0 à 3.9 et 3 séismes entre 4.0 et 4.9.

Sur les 90 tremblements de terre analysés, 16 séismes ont leur épicentre déterminé avec exactitude. Pour 6 séismes seulement, il a été possible de tracer des isoséistes.

D'après nos recherches, portant sur les années 1300 à nos jours, les séismes les plus violents auraient eu lieu en 1574 (VIII MSK), 1584 (VIII), 1600 (VIII), 1621 (VIII), 1822 (IX), 1877 (IX). Les durées sont variables, mais le 1^{er} mars 1584, des secousses ont été ressenties durant trois jours, dans la région genevoise et dans tout le N de la Haute-Savoie (M. SPON, 1730, p. 139). Pendant le séisme de 1584 et celui du 16 septembre 1600, le Rhône s'est arrêté de couler (M. SPON). Il est même relaté dans les chroniques contemporaines que «des mouvements de terrain ont, par trois ou quatre fois, arrêté les eaux du Rhône à l'endroit où celui-ci sort du lac. Les aiguisers et couteliers qui avaient leurs échoppes sur le pont de l'Île en ont profité et sont descendus dans le lit à sec du Rhône pour ramasser les couteaux et autres pièces métalliques, qui, en tombant, s'étaient accumulées sur le fond».

Le 21 mai 1621, le jour de la Pentecôte, les secousses furent si violentes entre 14 et 15 h., «pendant le sermon du soir», que «les ministres qui prêchoient se prirent fortement à la chaire, de crainte de tomber en bas»;

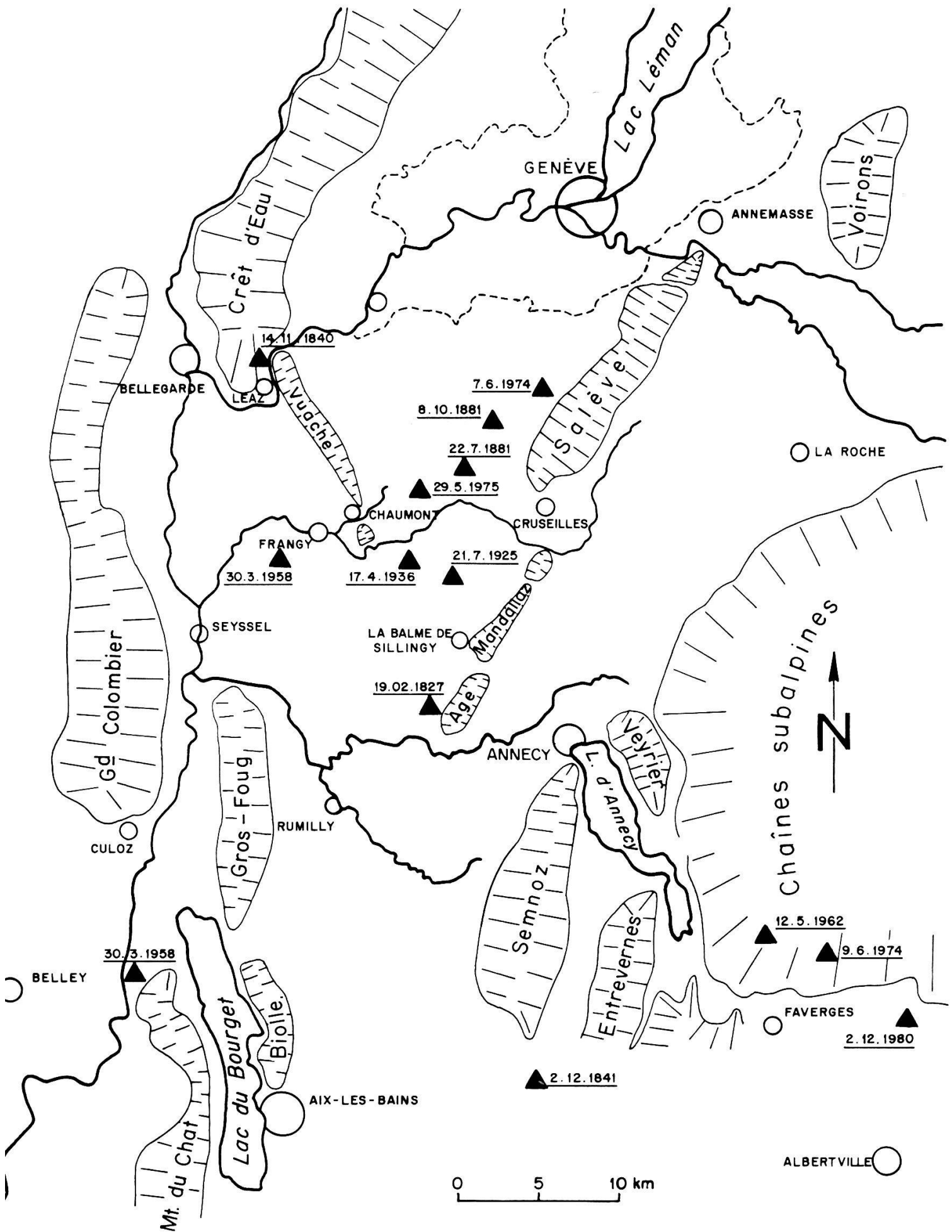


Fig. 13. - Carte de répartition des principaux séismes historiques, liés à la faille du Vuache ou à des cassures annexes (E. AMATO, 1982).

d'autre part, les eaux du lac Léman furent très agitées et ces mêmes chroniques relatent qu'«une barque fut perdue sur le lac» (M. SPON, 1730, p. 520; Mgr. BILLET, 1851).

Le 9 mars 1750, trois secousses ébranlèrent Genève et «les cloches de la Tour-de-l'Île tintèrent presque aussi fort que pour les heures». Ce même séisme fut ressenti dans d'autres localités avoisinantes, et jusqu'à Chambéry (G. O. VOLGER, 1857).

Le 19 février 1822, un séisme d'intensité IX, dont l'épicentre peut être fixé au S de la Balme-de-Sillingy, fut ressenti sur une grande partie de la région genevoise et savoyarde pendant 12 à 15 secondes, depuis 8 h. 55. Trois secousses violentes se succédèrent. A Seyssel, 2 maisons et 50 cheminées furent détruites; à Rumilly, 80 à 100 cheminées furent renversées, tandis que la voûte de l'église se disloqua et que le clocher se fendit; à Aix-les-Bains, en plus de nombreuses chutes de cheminées et de dégâts aux bâtiments, les eaux thermales se troublèrent et perdirent momentanément leur goût et leur odeur. A Chambéry, 200 cheminées se renversèrent et plusieurs églises furent endommagées, alors qu'à Belley ce fut le cas pour toutes les maisons. Enfin, des mouvements d'eau insolites furent observés dans le lac du Bourget (A. PERREY, 1845; J. FOURNET, 1845).

Du 11 au 27 août 1839, des secousses violentes renversent toutes les cheminées d'Annecy et provoquent la mort d'un enfant de 10 ans. Elles sont ressenties jusqu'à Genève (A. PERREY, 1845; G. O. VOGLER, 1857).

La date du 14 novembre 1840 est retenue dans les chroniques à cause d'un événement qui, bien que n'étant pas à proprement parler un séisme puisqu'il n'y eut pas d'ébranlement du sol, mérite que l'on s'y attarde à cause de l'emplacement et du caractère particulier des observations ainsi que par la qualité et le nombre des observateurs. L'épisode s'est déroulé au Fort-de-l'Écluse, fortification militaire à demi enterrée dans une des parois du défilé du Rhône, sur le tracé même de la faille du Vuache. Le commandant du fort relate l'apparition d'un «très fort bruit souterrain». Puis, une «chaleur suffocante» et une forte «odeur de soufre» rendirent la respiration des soldats si difficile à l'intérieur du fort, qu'il envisagea à deux reprises l'évacuation totale de la garnison (A. PERREY, 1845).

Un séisme d'intensité VIII ou IX se produisit le 8 octobre 1877 à 5 h. 17 et dura 6 à 9 secondes; l'épicentre a été localisé avec précision près de Présilly, entre Salève et Vuache. L'aire ébranlée fut considérable puisqu'elle s'étend de Vienne, au S, jusqu'à Besançon et Soleure au N, et de Bourg-en-Bresse à l'W jusqu'à Sion à l'E. Ce séisme fut même ressenti à Valence et à Lyon ainsi que sur le Plateau suisse (Berne) et dans les Alpes (Château-d'Éx, Aoste, Allevard) (M. DE TRIBOLET, 1877; E. WANNER, 1932).

Le tremblement de terre du 17 avril 1936 est souvent relaté dans la littérature. A son épicentre situé entre Frangy et Chaumont, l'intensité a été évaluée à VII ou VIII. Ce séisme, fortement ressenti dans le canton de Genève, a provoqué d'importants glissements de terrain ainsi que des

éboulements dans la région de Chaumont. Dans cette même localité, 15 cheminées furent renversées et la pointe du clocher s'effondra. A Savigny, Frangy, Minzier et Vanzy, les bâtiments subirent d'importants dégâts. L'aire macroséismique s'étendit de Nantua au NW, à Ferrières et Culoz au SSE, à Lancy au NE (J. P. ROTHE, 1938).

Enfin, le dernier en date des tremblements de terre liés à la faille du Vuache, ou plus exactement à son prolongement probable, s'est produit le 2 décembre 1980, à 6 h. 58'39", à 7 h. 15' et 7 h. 43'. L'intensité à l'épicentre situé au N d'Albertville a atteint les degrés VI à VII, avec une magnitude de 4.3. Ses effets furent enregistrés dans toute la dépression du lac d'Annecy (intensité IV à VII), dans la région lémanique (intensité III), plus particulièrement à Genève, Annemasse et Lausanne, ainsi que dans les Alpes, notamment à Sion (intensité III) (*Tribune de Genève*: 2.12.80, 3.12.80; *La Suisse*: 3.12.80).

5. CONCLUSIONS

Les recherches bibliographiques et les observations de terrain nous conduisent à considérer la faille du Vuache comme une cassure ancienne dont le jeu complexe et fréquent a provoqué une résultante essentiellement verticale. Dans l'état actuel de nos connaissances, il nous paraît erroné de considérer cette fracture essentiellement comme un décrochement; cette cassure correspond avant tout à une faille d'extension à rejet vertical, en tout cas sur le tronçon compris entre Arcine et le Mont de Musièges.

Un fait nouveau est la mise en évidence du jeu de la faille du Vuache, au Valanginien supérieur et au cours de l'Hauterivien inférieur, ce jeu déterminant deux provinces sédimentaires qu'il a été possible de caractériser et de comparer à quatre moments précis du Néocomien, grâce à la découverte de marqueurs biostratigraphiques (ammonites et échinides).

Les mouvements de la faille du Vuache ainsi que ceux de l'anticlinal qu'elle recoupe longitudinalement, ont été également détectés au Tertiaire, lors des dépôts sidérolithiques et au cours de la sédimentation molassique (Chattien, Aquitanien et Burdigalien). Il est clair que ces mouvements ne résultent pas de poussées unidirectionnelles au cours des temps géologiques; la recherche et la chronologie des différents mouvements subis par cette faille impliquent une étude microtectonique plus élaborée.

Enfin, une recherche bibliographique démontre que la faille du Vuache est une faille vivante encore à l'heure actuelle et que son jeu compromet la stabilité des bassins genevois, albanais et annécien.

Beaucoup de problèmes restent posés auxquels nous essayerons de répondre dans une prochaine publication. Toutefois, une des questions majeures se rapporte à l'extension spatiale de cette fracture au NW, au-delà de la chaîne du Crédo et au SE, dans la région du lac d'Annecy.

Nous adressons nos vifs remerciements au Fonds national suisse de la recherche scientifique (projet N° 2.060-0.81) sans le soutien duquel nous n'aurions pas pu mener à bien cette étude.

6. BIBLIOGRAPHIE

- ARIKAN, Y. 1964. – Etude géologique de la chaîne Grand Crêdo-Vuache (Ain, Haute-Savoie, France). *Eclogae geol. Helv.* 57/1, 1-74.
- AUBERT, D. 1947. – Rapport entre les faciès des terrains secondaires et les plissements jurassiens. *Bull. Lab. Géol. Minéral. Géophys. Mus. géol. Univ. Lausanne* 84, 1-28.
- , 1971. – Le Risoux, un charriage jurassien de grandes dimensions. *Eclogae geol. Helv.* 64/1, 151-156.
- BENOIT, E. 1875. – Essai d'un Tableau comparatif des terrains tertiaires dans le bassin du Rhône et des Usses. *Bull. Soc. géol. France 3^e série*, 3, 436-451.
- BERTRAND, E. 1756. – Mémoire sur les tremblements de terre. Vevey.
- BILLET, Mgr. 1851. – Mémoire sur les tremblements de terre ressentis en Savoie. *Mém. Acad. royale Savoie XIII*, 245.
- BOURDON, G. 1894. – Le cañon du Rhône et le lac de Genève. *Bull. Sté Géogr. Paris*, 7, 15.
- CHAROLLAIS, J., ARNAUD-VANNEAU, A., BUSNARDO, R., CLAVEL, B., DONZE, P., FAUCONNIER, D., MANIVIT, H., OERTLI, H.-J., SEPTFONTAINE, M., STEINHAUSER, N., STRASSER, A. 1981. Livret-guide de la Réunion en Haute-Savoie, 25-27 mai 1981. Groupe français du Crétacé. *Publ. Départ. Géol. Pal. Univ. Genève, sér. Guide géol. N° 1*, 169 p.
- CHAUVE, P. & PERRIAUX, J. 1974. – Le Jura, in Géologie de la France par DEBELMAS, J. Ed. Doïn, Paris, II, 443-464.
- CONRAD, M.-A. 1969. – Les calcaires urgoniens dans la région entourant Genève. *Eclogae geol. Helv.* 62/1, 1-79.
- COYNE & BELLIER, 1978. – Coupe géologique dans l'axe de la galerie de reconnaissance. Montagne du Vuache 1/2000. Rapport int., fig. 2, Scetauroute, Paris.
- CUVIER, G. 1878. – Note sur la stratigraphie de l'extrémité sud du Jura et des montagnes qui lui font suite en Savoie, aux environs du Fort-l'Ecluse. *Bull. Soc. géol. France, 3^e sér. IV*, 364-370.
- DELAUNAY, A. & RAMPNOUX, J.-P. 1981. – Les déformations au front des massifs des Bornes et des Bauges: analyse de la tectonique cassante de l'avant-pays savoyard (France). *Bull. Soc. géol. France* (7), XXIII/2, 203-212.
- DONCIEUX, L. 1920. – Révision de la feuille de Nantua au 80 000^e. *Bull. Serv. Carte Géol. France XXIV*, 140.
- DONZE, P. 1958. – Les couches de passage du Jurassique au Crétacé dans le Jura français et sur les pourtours de la «fosse vocontienne» (Massifs subalpins septentrionaux, Ardèche, Grands-Causses, Provence, Alpes-Maritimes). *Trav. Lab. géol. Fac. Sciences Lyon, nouv. série, N° 3*, 221 p.
- , & ENAY, R. 1972. – Carte géologique au 1/50 000^e de Seyssel, 33, N° 30, *Serv. géol. nat.*, Orléans.
- DOUDOUX, B. 1967. – Nouvelle étude de la Montagne du Semnoz près d'Annecy. *Ann. Centre Enseignement sup. Chambéry, Sect. Science* 5, 121-143.
- DOUXAMI, M. 1901. – Les formations tertiaires et quaternaires de la vallée de Bellegarde. *Bull. Soc. Hist. nat. Savoie*, 5 p.
- ENAY, R. 1966. – L'Oxfordien dans la moitié sud du Jura français. Etude stratigraphique. *Nouvelles archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon. Fasc. VIII. Thèse I et II.*

- FOURNET, J. 1845. – Notes additionnelles sur les tremblements de terre. *Soc. royale Agriculture, Lyon* 8, 347.
- GIDON, P. 1963. – Géologie chambérienne. *Ann. Centr. Enseign. sup., Chambéry*, n. h. sér., 176 p.
- GLANGEAUD, L. 1948. – Les nouvelles théories sur la formation du Jura. *Bull. Soc. hist. nat. du Doubs* 52, 5-16.
- , 1949. – Les caractères structuraux du Jura. *Bull. Soc. géol. France*, 5^e sér., 19, 669-688.
- GUILLAUME, S. 1966. – Le Crétacé du Jura français. *Bull. B.R.G.M.* 1, 2, 3, 5, 297 p.
- GUILLAUME, A., GUILLAUME, S., LLAC, F. & MEURISSE, M. 1972. – Notice explicative de la carte géologique A 1.50 000^e, St-Claude XXXIII-28. *B.R.G.M., Serv. géol. nat.*, Orléans, 15 p.
- JOUKOWSKY, E. & FAVRE, J. 1913. – Monographie géologique et paléontologique du Salève (Haute-Savoie, France). *Mém. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève* 37/4, 295-523.
- KRUMMENACHER, R. 1971. – Géologie du Bassin de la Valserine (Ain, France). Thèse 1544, Genève, 20 p.
- LAUBSCHER, H.-P. 1965. – Ein kinematisches Modell der Jurafaltung. *Eclogae geol. Helv.* 58/1, 231-318.
- LLAC, F. & MEURISSE, M. 1971. – Tectonique de la feuille de Saint-Claude au 1.50 000^e et de ses abords (Jura). *Bull. B.R.G.M.* (2^e série), sect. 1, N^o 1, p. 53-75.
- LOMBARD, A. 1965. – Compte rendu de l'excursion A de la Société géologique suisse dans le Jura méridional du 27 au 29 septembre 1965. *Eclogae geol. Helv.* 58/2, 1019-1033.
- , 1968. – Plis autochtones et nappe de Morcles-Aravis entre le lac d'Annecy, l'Arve et le Rhône. Cassures transversales dans le socle. *Eclogae geol. Helv.* 62/1, 81-94.
- LUGEON, M. 1900. – Les dislocations des Bauges (Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. France*, N^o 77, t. XI, 359-473.
- MAILLARD, G. 1889. – Note sur la géologie des environs d'Annecy, La Roche, Bonneville et de la région comprise entre le Buet et Sallanches (Haute-Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. France* 6, 63 p.
- MONTANDON, F. 1943. – Les séismes de forte intensité en Suisse. *Rev. pour l'étude des calamités* V, 18-19 et VI, 20.
- , 1953. – Les tremblements de terre destructeurs en Europe. Publ. compte d'auteur.
- MORET, L. 1922. – Révision de la Feuille d'Annecy au 80 000^e. Compte rendu des collaborateurs pour la campagne de 1922. *Bull. Serv. Carte géol. France*, N^o 151, t. XXVII, 1-16.
- , 1931. – Découverte du Purbeckien dans la chaîne du Semnoz, près d'Annecy (Haute-Savoie). *C. R. Acad. Sci., Paris*, 192, 431.
- , 1934. – Géologie du massif des Bornes et des klippen préalpines des Annes et de Sulens (Haute-Savoie). *Mém. Soc. géol. France*, nouv. sér., Mém. 22, 1-162.
- MOUTY, M. 1966. – Le Néocomien dans le Jura méridional. Thèse 1369, Genève, Ed. Dams, 265 p.
- PAREJAS, E. 1938. – Essai sur la géographie ancienne de la région de Genève. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul, nouv. sér.*, III/2, 50 p.
- PAVONI, N. 1975. – Zur Seismotektonik des Westalpenbogens. ETH Höggerberg, Inst. f. Geophysik, Zurich, 185-187.
- , 1976. – Herdmechanismen von Erdbeben und regionaltektonisches Spannungsfeld im Bereich des Geotransverse Basel-Chiasso. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 56, 697-702.
- PERREY, A. 1845. – Mémoire sur les tremblements de terre dans le bassin du Rhône. *Ann. Sc. Phys. Nat. d'Agriculture et d'Industrie* VIII, 265-346 et 496. Lyon.
- RIGASSI, D. 1957. – Le Tertiaire de la région genevoise et savoissienne. *Bull. Ass. suisse Géol. et Ing. du Pétrole* 24/66, 19-34.
- , 1977. – Encore le Risoux. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 73, 379-413 (B. 352).
- RIGASSI-STUDER, D. 1962. – A propos de la tectonique du Risoux (Jura vaudois et franc-comtois). *Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol.- u. Ing.* 28/76, 39-50.
- ROTHE, J.-P. 1938. – Les séismes des Alpes occidentales. *Ann. Inst. Phys. Globe, Strasbourg* III, 3^e part.: Géophysique, 1-105.

- SCHARDT, H. 1891. – Etudes géologiques sur l'extrémité méridionale de la première chaîne du Jura (Chaîne du Reculet-Vuache). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* XXVII, 69-158 (B. 103).
- SCHROEDER, J.-W. 1958. – Géologie du pays de Genève. *Globe XCVII*, 51-87.
- SERAND, J. 1908. – Liste chronologique des tremblements de terre observés dans le département de Haute-Savoie. *Rev. savoisienne*, 1908-1909, 327.
- SPON, M. 1730. – Histoire de la Ville et de l'Etat de Genève. Genève, Fabri et Barillot.
- STEINHAUSER, N. 1970. – Recherches stratigraphiques dans le Crétacé inférieur de la Savoie occidentale (France). Thèse 1506, Genève, 18 p.
- SUISSE, LA. – Article du 3.12.80.
- TRIBOLET DE, M. 1877. – Tremblement de terre du 8.10.1877. *Rev. scient. suisse*, 250-255.
- TRIBUNE DE GENÈVE. – Articles du 2.12.80 et du 3.12.80.
- VINCIENNE, H. 1930. – Les relations structurales entre les Rochers de Léaz (Ain) et le Vieux Château d'Arcine (Haute-Savoie) et le Vuache. Conclusions sur la tectonique de cette chaîne. *Compte rendu Séances Acad. Sciences, Paris 190*, 947.
- VOGT, J. 1979. – Les tremblements de terre en France. *Mém. B.R.G.M.* 96, Orléans.
- VOLGER, G.O. 1857. – Untersuchungen über das Phänomen des Erdbebens in der Schweiz. Erster Teil: Chronik der Erdbeben in der Schweiz.
- WAGNER A. 1962. – Géologie de la région du Mont de Musièges (Haute-Savoie). Trav. diplôme, Univ. Genève (inédit).
- , 1962. – Observations géologiques nouvelles sur la région du Vuache méridional et du Mont de Musièges. *Arch. Sc. Genève 15/2*, 297-307.
- WANNER, E. 1932. – Erdbebenkatalog der Schweiz für die Jahre 1856-1879. *Ann. M.Z.A.*, 16-21.

Manuscrit reçu le 25 novembre 1982.