Zeitschrift: Archives des sciences [2004-ff.]
Herausgeber: Société de Physique et d'histoire Naturelle de Genève
Band: 67 (2014)
Heft: 1

Artikel: La plate-forme carbonatée urgonienne (Hauterivien supérieur - Aptien inférieur) dans le Sud-Est de la France et en Suisse : synthèse

Autor: Clavel, Bernard / Charollais, Jean / Busnardo, Robert

Kapitel: III: Examen critique du modèle de l'école grenobloise

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-738374

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: 05.07.2025

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

III. Examen critique du modèle de l'école grenobloise

[l'Urgonien, une formation transgressive au Barrémien supérieur]

Pour Arnaud et al. (1998) la *Formation des Calcaires urgoniens*, constituée essentiellement de calcaires à rudistes et, accessoirement de calcaires bioclastiques, se distingue de la *Formation des Calcaires de Glandasse*, immédiatement sous-jacente, où dominent les faciès bioclastiques grossiers à niveaux à madréporaires localement bien développés et bancs à rudistes très rares. La *Formation des Calcaires urgoniens* est formée de 3 membres, de haut en bas :

- Calcaires urgoniens supérieurs ;
- Couches inférieures à orbitolines (CIO) ;
- Calcaires urgoniens inférieurs.

Des deux coupes de référence proposées pour cette dernière, une seule – Col de Rousset (Vercors méridional : fig. 15) –, représentée par 58 m de faciès hémipélagiques surmontés d'environ 170 m de faciès bioclastiques circalittoraux et infralittoraux alternants, a fourni des ammonites permettant de dater sa base de la zone à Sartousiana du Barrémien supérieur. L'ensemble de la coupe n'abrite ni madréporaires ni rudistes. Dans sa partie supérieure, 9 espèces d'orbitolinidés sont citées.

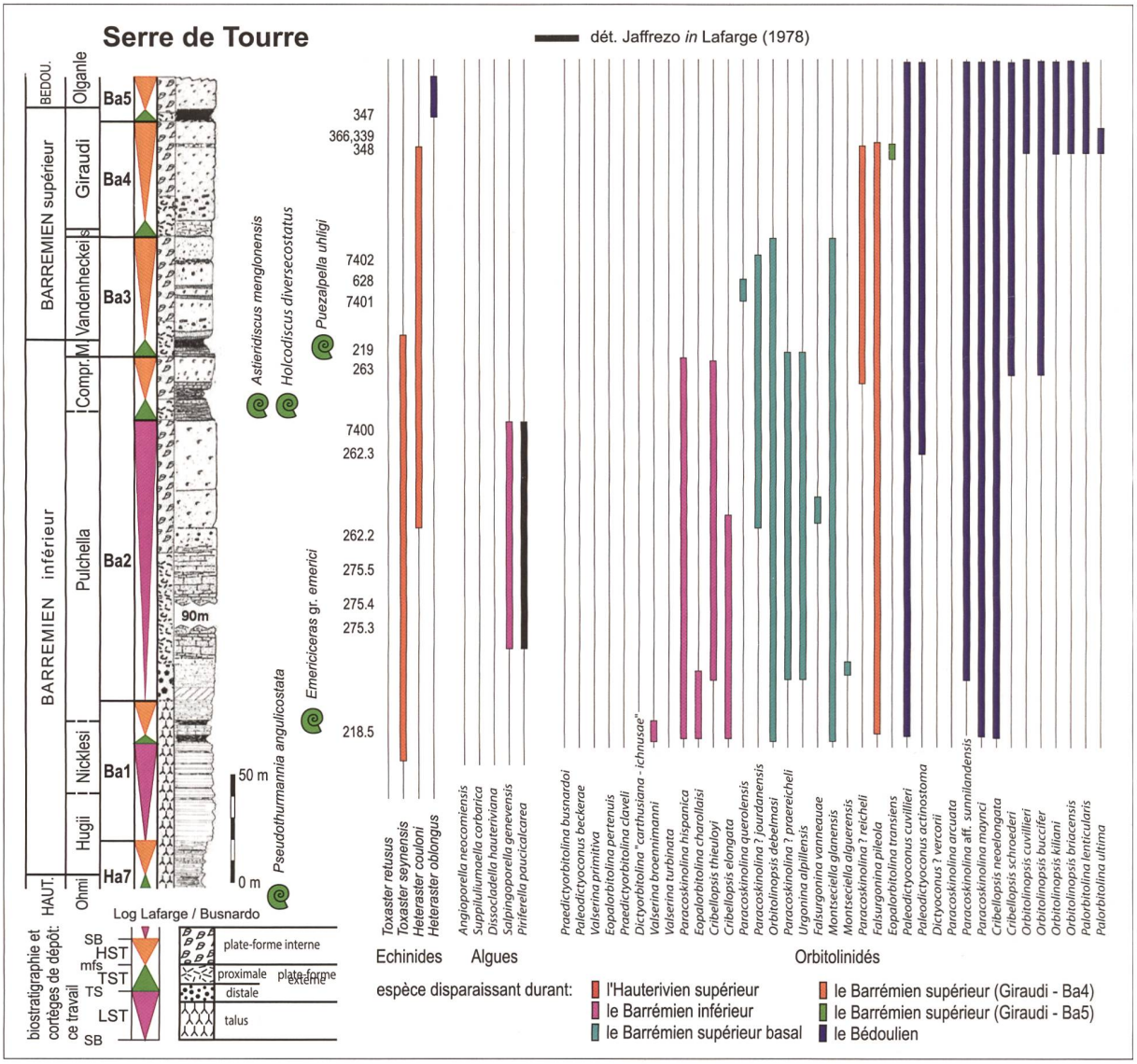


Fig. 18. Coupe du Serre de Tourre (Bas-Vivarais). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences, cortèges de dépôt, faciès, log lithologique (Lafarge 1978, Busnardo inédit);
- position des ammonites (Pl. 2, figs. 16-20; dét. R. B.);
- tableau de répartition des échinides, des algues (Pl. 20) et des orbitolinidés (Pls. 19-20): ce travail.

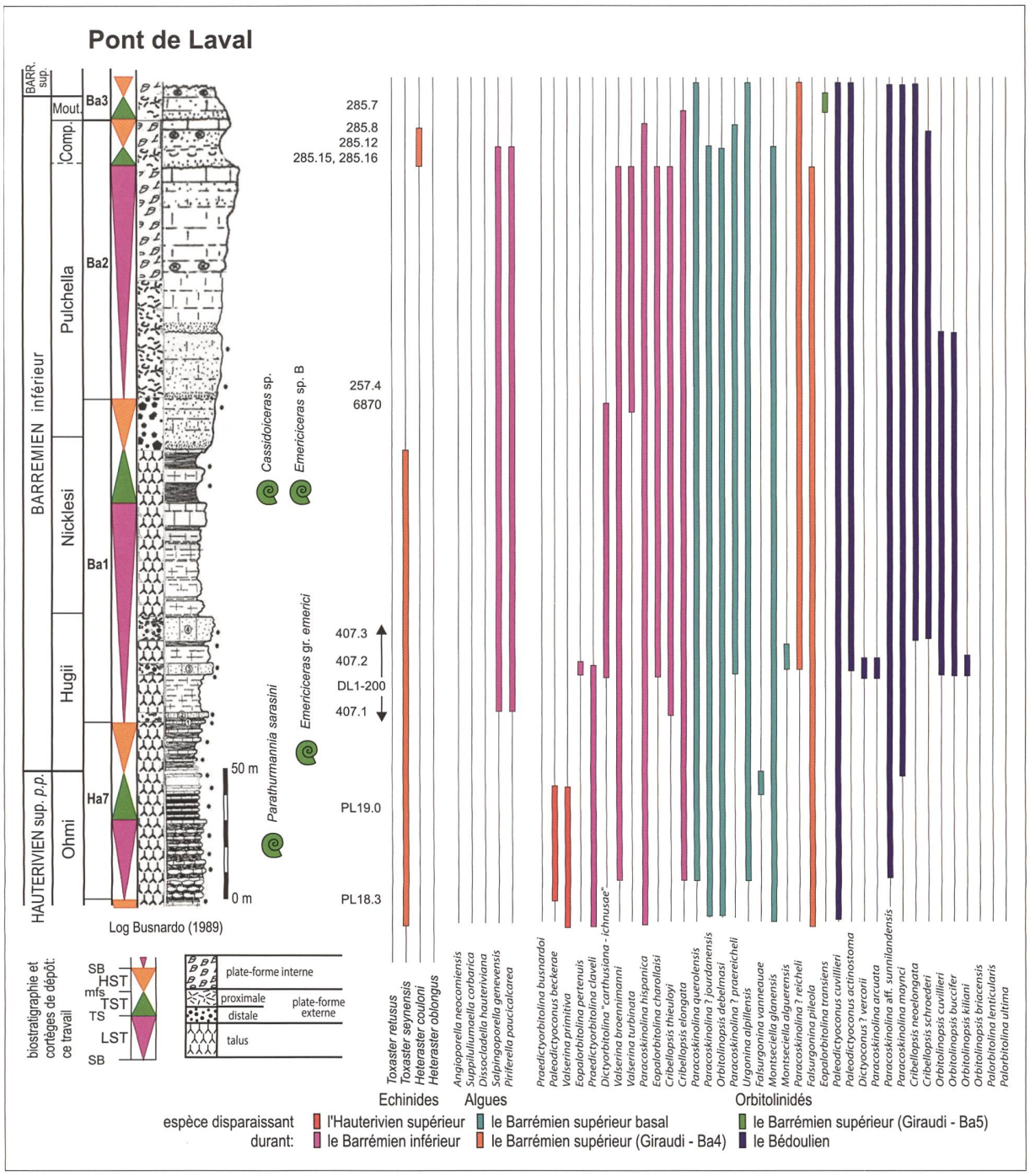


Fig. 19. Coupe du Pont de Laval (Bas-Vivarais). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences, cortèges de dépôt, faciès, log lithologique (Lafarge 1978), modifié (Clavel et al. 2007);
- position des ammonites (Pl. 2, figs. 12-15; dét. R. B.);
- tableau de répartition des échinides, des algues (Pl. 22) et des orbitolinidés (Pls. 21-22): ce travail.

La seconde coupe de référence – Gorges du Nant (Vercors septentrional: fig. 12) – repose sur des faciès hémipélagiques à ammonites de l'Hauterivien supérieur surmontés de 37 m de faciès bioclastiques circalittoraux non datés, réputés sans orbitolinidés. Dans sa partie la plus inférieure des niveaux à madréporaires précèdent les rudistes présents jusqu'au sommet de la coupe, où sont citées 19 espèces d'orbitolinidés.

Les *Calcaires urgoniens* ainsi définis sont considérés comme une formation **transgressive**, du

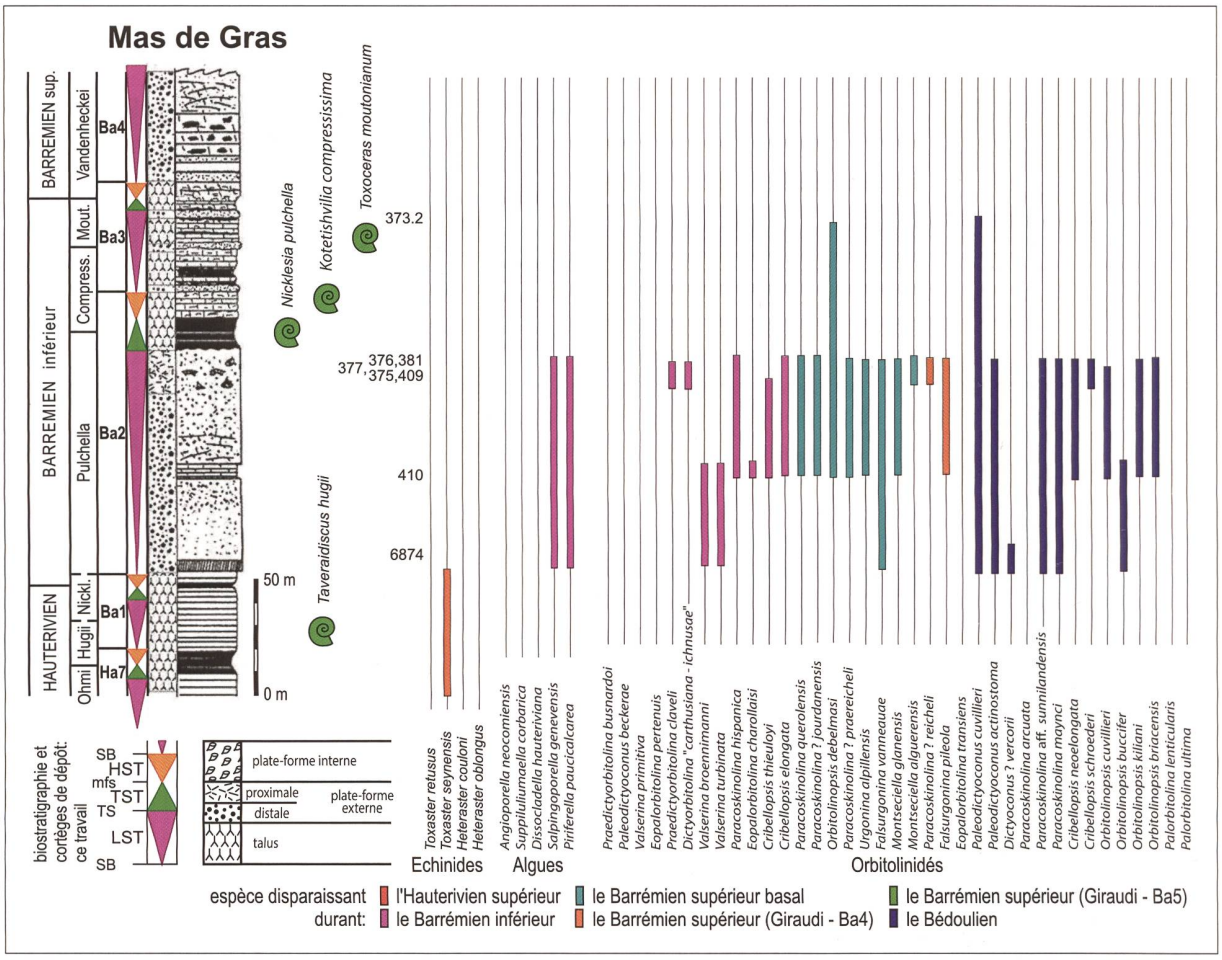


Fig. 20. Coupe du Mas de Gras (Bas-Vivarais). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences, cortèges de dépôt, faciès, log lithologique (Clavel et al. 2007);
- position des ammonites (Pl. 2, figs. 21-23; Pl. 3, fig. 24; dét. R. B.): ce travail.
- tableau de répartition des échinides, des algues (Pl. 24) et des orbitolinidés (Pls. 23-24): ce travail.

Vercors méridional vers le Jura franco-suisse; ils s'installent sur un **domaine émergé** de plus en plus ancien en direction du Nord (Arnaud & Arnaud-Vanneau 1991, Arnaud et al. 1998, Arnaud 2005a).

1. Biostratigraphie

1.1. Ammonites

Dans la publication formalisant la définition des *Calcaires de Glandasse* et des *Calcaires urgoniens*, Arnaud et al. (1998) figurent 51 ammonites. Sur ce nombre, 24 appartiennent à des coupes étudiées et figurées, 17 proviennent de régions sans dépôts urgoniens, 8 sont situées très en-dessous ou au-dessus des faciès urgoniens *lato sensu*.

Ces auteurs admettent que des ammonites n'encadrent des niveaux à orbitolinidés que dans les *Calcaires de Glandasse* du Vercors méridional, et qu'elles ne datent de façon précise que la base des Calcaires urgoniens inférieurs du Vercors méridional, aucune ammonite n'ayant été recueillie dans cette formation du Vercors nord au Jura.

Co-auteurs de Godet et al. (2012: 1128), Arnaud et Arnaud-Vanneau soulignent, à propos du tableau de répartition des orbitolinidés au Barrémien supérieur utilisé par ces auteurs: « *This chart is based on numerous sections in the Vercors (eastern France) where the age of orbitolinids has been constrained by ammonite biostratigraphy in underlying and overlying formations* ».[4]

Commentaire. Les *Calcaires urgoniens* ne sont datés que dans deux coupes du Vercors méridional

[4] «Ce tableau est basé sur de nombreuses coupes du Vercors (Est de la France) où l'âge des orbitolinidés a été incontestablement fixé à partir de la biostratigraphie des ammonites présentes dans les niveaux sous- et sus-jacents» *Godet et al. (2012).*

– à leur base uniquement –: le Col de Rousset (10 ammonites précisément identifiées: fig. 15) et la Béguère, coupe de Combe Male au Serre de la Baume (Fig. 14). Dans cette dernière, où un « ? *Camereiceras* sp. », récolté « *dans le dernier faisceau calcaire situé sous les marnes de la Béguère* » et mentionné p. 28 et pl. 4, figs. 3-4, est déterminé et utilisé comme marqueur stratigraphique en tant que « *Camereiceras* sp. » sans « ? » à la page 45. Pour l'un d'entre nous (R. B.), qui a examiné l'original, il s'agit en fait de *Toxancyloceras* gr. *vandenheckei,* anciennement dénommé *Emericiceras* gr. *barremense*, de la base du Barrémien supérieur (Pl. 1, fig. 7). Cette option est confortée par la collecte d'un *Heteroceras* gr. *baylei* ou *Arghevites* sp. « *dans le niveau calcaire situé entre les marnes de Font Froide et les marnes de la Béguère* » (Arnaud et al. 1998: pl. 5, fig. 11): en effet, les spécialistes actuels reconnaissent que le genre *Camereiceras* ne dépasse pas la base de la sous-zone à Sartousiana, alors que le genre *Heteroceras* apparaît à l'extrême sommet de la sous-zone à Feraudianus, et que le genre *Argvethites* n'est pas connu avant la zone à Giraudi (Delanoy 1997, Vermeulen 2005 – coupe d'Angles –,

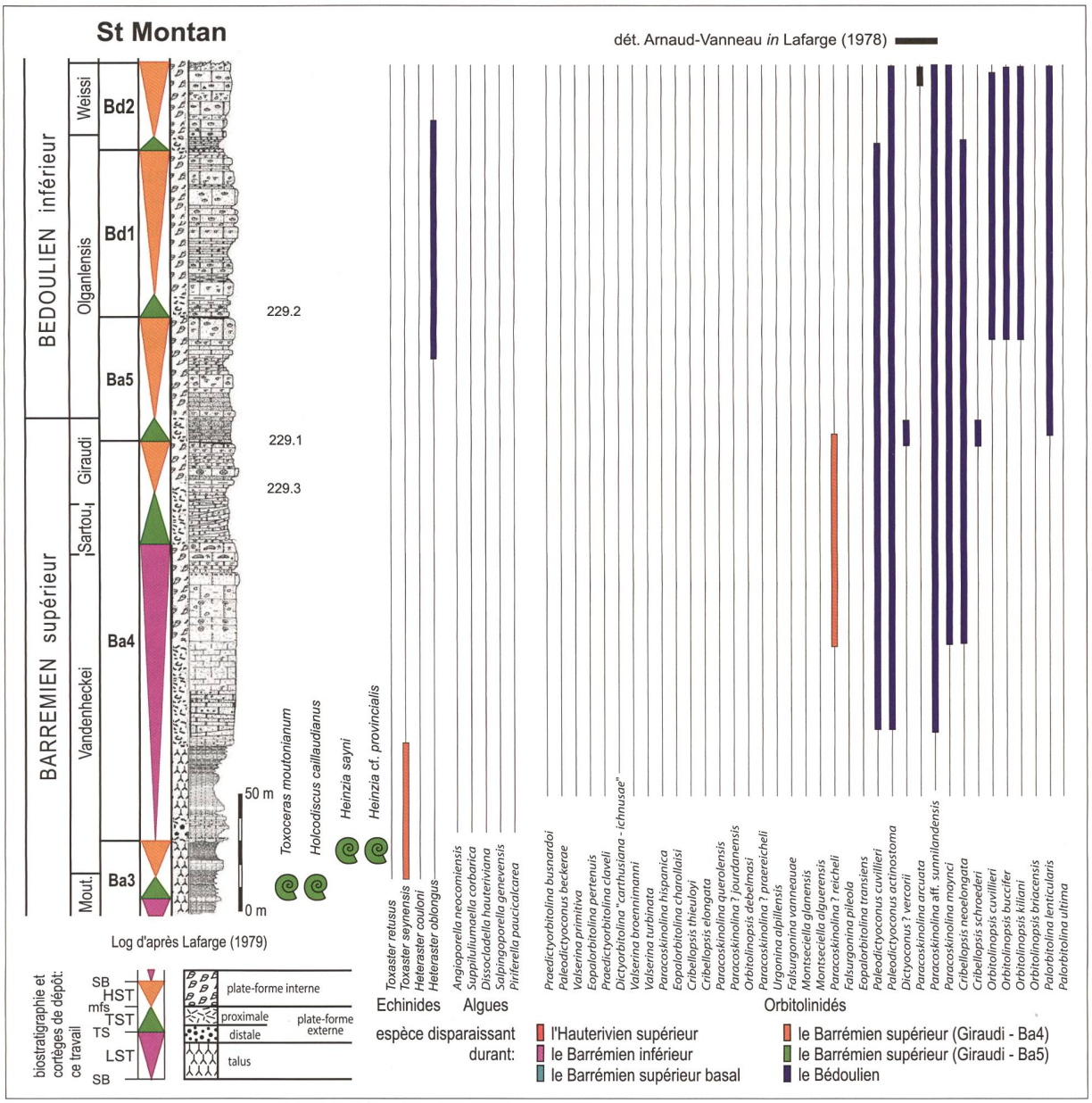


Fig. 21. Coupe de St Montan-Imbourg (Bas-Vivarais). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences, cortèges de dépôt, faciès, log lithologique (Lafarge 1978) modifié;
- position des ammonites (Pl. 3, figs. 25-28; dét. R. B.): ce travail;
*- tableau de répartition des échinides et des orbitolinidés (Pl. 25): Arnaud-Vanneau (*in *Lafarge 1978) et ce travail.*

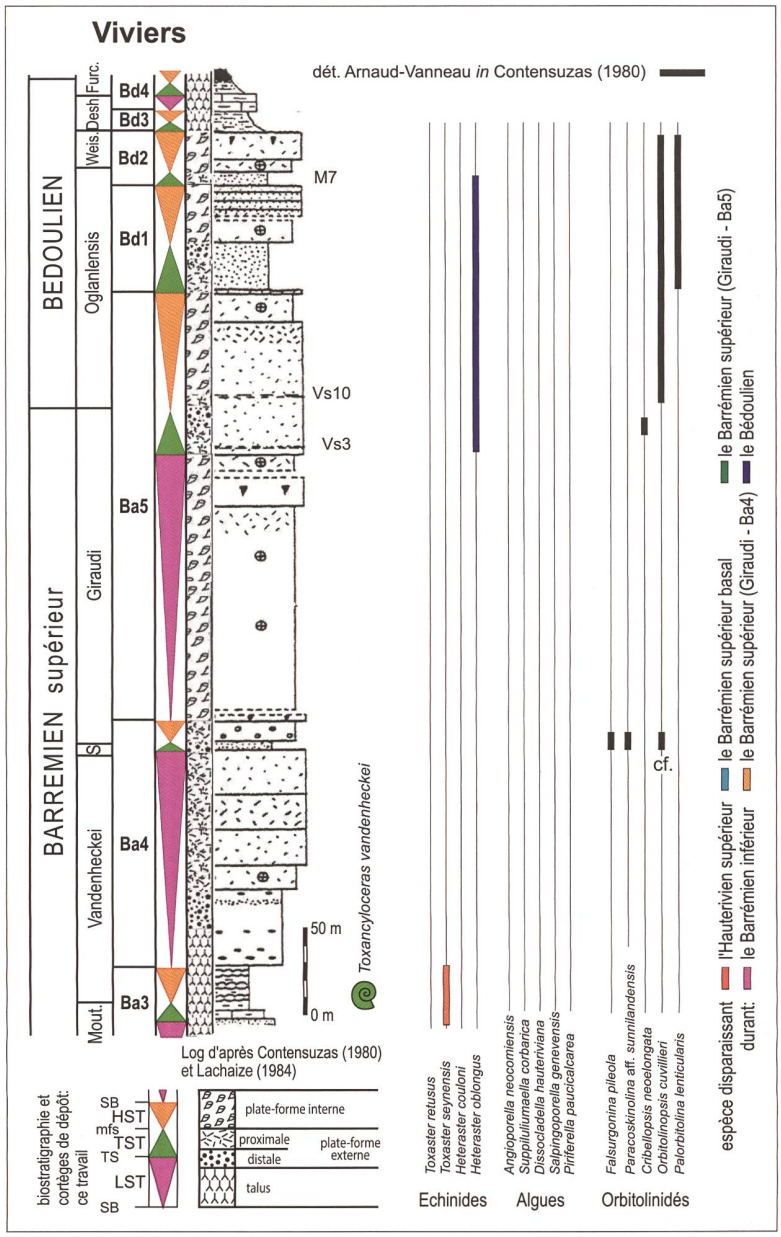


Fig. 22. Coupe de Viviers (Bas-Vivarais). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences, cortèges de dépôt, faciès, log lithologique d'après Contensuzas (1980) et Lachaize (1984);
- position de Toxancyloceras vandenheckei *(dét. R. B.): ce travail;*
*- tableau de répartition des échinides et des orbitolinidés: Arnaud-Vanneau (*in *Contensuzas 1980) et ce travail;*

Bert et al. 2008). La présence conjointe dans un même niveau des deux espèces citées par Arnaud et al. (1998) est donc difficilement crédible.

- Les niveaux marneux dénommés *marnes de Font Froide* et *marnes de la Béguère* présents de part et d'autre des ruines de la maison forestière de la Béguère (coupe de Combe Mâle au Serre de la Baume *in* Arnaud et al. 1998) ne sont donc pas homologues des *marnes de Font Froide* et *marnes de la Béguère* datées par ammonites à la base de la *Formation des Calcaires urgoniens* du Col de Rousset.
- Dans l'ensemble Jura – massifs subalpins septentrionaux, l'unique coupe où des faciès de plate-forme sont encadrés – et donc dûment datés – par des ammonites (12 figurées) est celle du Plateau de Glandasse (Vercors méridional). Cette coupe ne concerne pas la *Formation des Calcaires urgoniens* du Barrémien supérieur.

1.2. Echinides

Arnaud-Vanneau (1980) et Arnaud (1981) mentionnent quelques échinides dans leurs thèses respectives, mais ils n'en tirent aucune conclusion biostratigraphique.

Arnaud et al. (1998: 59), citant Clavel et al. (1995), concluent que *Heteraster couloni* est un marqueur du Barrémien supérieur qui leur permet de confirmer l'attribution au Barrémien supérieur de la coupe du Rocher des Hirondelles (vallée de la Valserine, Ain, France).

- **Commentaire.** Clavel et al. (1995) font référence à Clavel (1989: 179, tab. 1; *in* Remane et al. 1989) où *H. couloni* est décrit brièvement, et où il est précisé que son extension biostratigraphique s'étend de la zone à Sayni (Hauterivien supérieur) à la zone à sous-zone à Giraudi de la zone à Giraudi (= zone à Astieri *auct.*) du Barrémien supérieur. Dans cette même publication de Remane et al. (1989), Arnaud-Vanneau & Masse avaient décrit les foraminifères benthiques du Jura suisse.

1.3. Orbitolinidés

1.3.1. Répartition selon Arnaud et al. (1998)

La publication de Arnaud et al. (1998) est essentiellement consacrée à décrire et argumenter la répartition stratigraphique des orbitolinidés qui a servi en partie à l'élaboration de leur modèle de la plate-forme urgonienne. Le tableau qui résume cette répartition (fig. 39, reproduit par Arnaud 2005a), comporte 44 espèces spécifiquement déterminées, dont 4 débu-

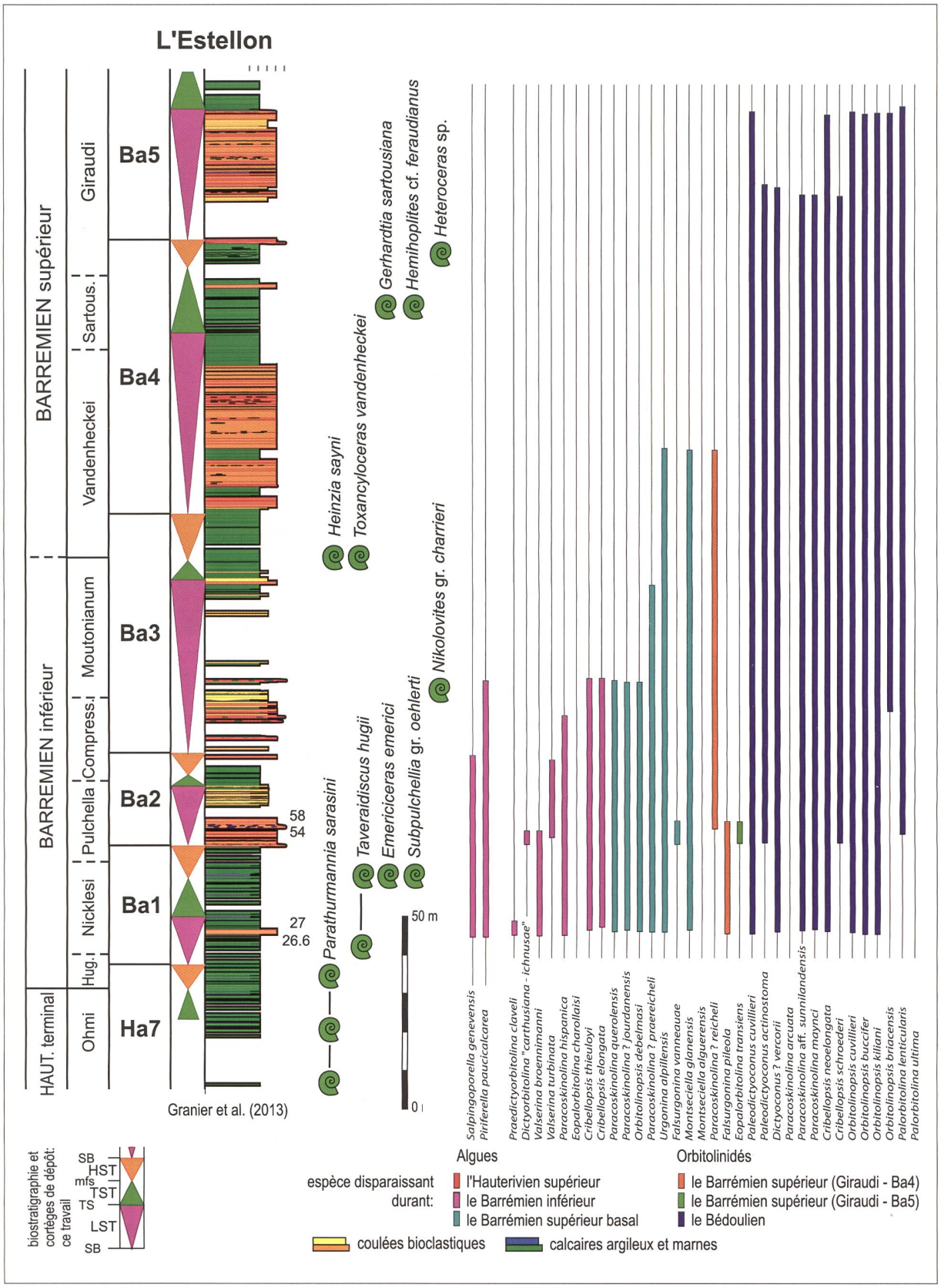
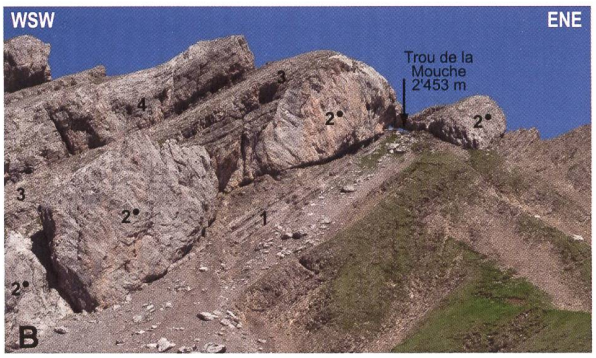
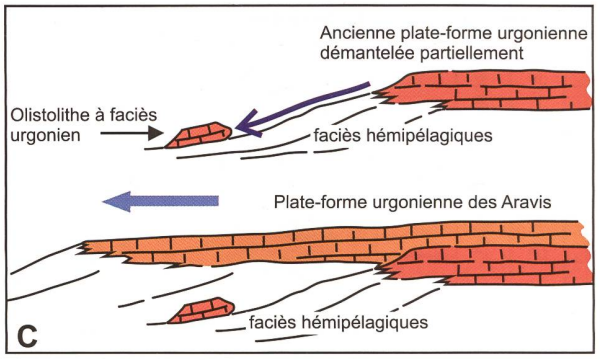


Fig. 23. Coupe de l'Estellon (Baronnies). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences, cortèges de dépôt, log lithologique (Granier et al. 2013);
- position des ammonites (Pl. 3, figs. 29-34; dét. R. B.): ce travail;
- tableau de répartition des algues (Pl. 27) et des orbitolinidés (Pls. 26-27): ce travail.





tent « probablement » dans l'Hauterivien et disparaissent au Barrémien inférieur, 5 sont « strictement » limitées au Barrémien inférieur et 25 apparaissent au Barrémien supérieur ou à l'Aptien inférieur.

- **Commentaire.** 41 de ces espèces sont présentées (Arnaud et al. 1998 : fig. 39) comme bénéficiant, en totalité ou en partie, d'une « *répartition prouvée dans des coupes encadrées par des ammonites* » : cette affirmation ne résiste pas à l'examen détaillé des coupes et de leur faune d'orbitolinidés publiées par Arnaud-Vanneau (1980), Arnaud (1981), Arnaud & Arnaud-Vanneau (1991), Arnaud et al. (1998), Arnaud-Vanneau et al. (2005). Le Vercors méridional, où a été établie la répartition des orbitolinidés (Arnaud & Arnaud-Vanneau 1991), ne présente qu'une seule coupe – Plateau de Glandasse – où des niveaux à orbitolinidés sont encadrés par des ammonites du Barrémien inférieur, entre le milieu de la zone à Hugii et la zone à Compressissima : la répartition « prouvée » ne concerne donc réellement que 17 espèces, pour une partie du Barrémien inférieur uniquement. 17 espèces sont également inscrites dans les « Couches inférieures à orbitolines » qui ont fourni, en des coupes non figurées, plusieurs ammonites du Bédoulien inférieur : leur présence à ce niveau est effectivement assurée, mais les données relatives à leur apparition dans des biozones différentes du Barrémien ne sont documentées dans aucune coupe publiée.
- Ce tableau de répartition des orbitolinidés n'est pas non plus exempt d'inconsistances : trois espèces (*Urgonina* sp. 1 A. A.-V. 1980, *Dictyoconus* sp. 1 A. A.-V. 1980, *Falsurgonina* sp. 1 A. A.-V. 1980), dont

Fig. 24. Les olistolithes de la chaîne des Aravis
A – Vue aérienne du versant méridional du masif de Borderan (photo J. C.). La «falaise urgonienne» surmonte la «Formation des Calcaires siliceux», qui renferme dans sa partie supérieure deux niveaux d'olistolites; de haut en bas:
6. Calcaires urgoniens: Ba1 – LST (Barrémien basal: partie inférieure de la zone à Hugii);
5. intervalle hémipélagique supérieur: Ha7 – TST+HST (Hauterivien terminal – Barrémien basal: sommet de la zone à Ohmi – extrême base de la zone à Hugii);
4. olistolithe à faciès urgonien: Ha7 – LST (Hauterivien terminal – milieu de la zone à Ohmi);
3. intervalle hémipélagique inférieur: Ha6 – TST+HST (Hauterivien supérieur [partie supérieure]: zone à balearis p. p. *– base de la zone à Ohmi);*
2. olistolithe à faciès urgonien: Ha6 – LST (Hauterivien supérieur: sommet de la zone à Ligatus – base de la zone à Balearis);
1. partie supérieure (non sommitale). De la «Formation des Calcaires siliceux»: Ha5 – TST+HST (Hauterivien supérieur: zone à Ligatus p. p.*).*
B – Vue sur les olistolithes du Trou de la Mouche depuis la Combe du Grand Crêt (photo J.-L. Pittion).
C – Interprétation schématique de la mise en place des olistolithes liée à la progradation de la plate-forme urgonienne dans la chaîne des Aravis.

les types proviennent de niveaux datés par ces auteurs du Barrémien inférieur des Grands Goulets (Arnaud et al. 1998 : fig. 36), y sont considérées comme caractéristiques du Barrémien supérieur (Arnaud et al. 1998 : fig. 39, Arnaud 2005a : fig. 16).

- Dans la seule coupe du Vercors encadrée par des ammonites – Pas de l'Essaure – La Montagnette – Arnaud et al. (1998) mentionnent 11 espèces d'orbitolinidés tandis que nous y avons reconnu 27 espèces : 21 citées et figurées pour le Pas de l'Essaure (Clavel et al. 2010), les 6 autres de la Montagnette figurées dans la note de Clavel et al. (2015, sous presse). Bien que Arnaud et al. (1998 : 21) estiment que « *le recensement des espèces est presque complet* » dans les Calcaires de Glandasse, il apparaît évident que leur échantillonnage n'était pas représentatif.

1.3.2. Répartition selon Bastide et al. (2012)
Bastide et al. (2012) proposent un nouveau cadre biostratigraphique pour les foraminifères benthiques de l'Urgonien du SE de la France. Co-signé par Arnaud-Vanneau et Arnaud, il diffère de celui précédemment établi par ces deux auteurs : le TST et le HST de la séquence BA4 (AAV) (« *middle Late Barremian* ») y sont par exemple caractérisés par l'apparition de plusieurs espèces de *Paracoskinolina* (*sunnilandensis*, *maynci*, *hispanica* et *reicheli*) décrites auparavant comme débutant dans le Barrémien inférieur (zones à Hugii, Compressissima, Moutonianum et Vandenheckei respectivement).

- **Commentaire.** Clavel et al. (2010, 2013, ce travail), Granier et al. (2013) démontrent que l'apparition de toutes les espèces, affirmées comme « *caractéristiques* » de diverses séquences du Barrémien supérieur par Bastide et al. (2012) est datée par ammonites de l'Hauterivien supérieur ou de la base du Barrémien inférieur (Fig. 5). Le cadre biostratigraphique proposé par ces auteurs est donc invalide.

1.4. Dasycladales
Des dasycladales déterminées par J.-P. Masse sont mentionnées et figurées dans les thèses de Arnaud-Vanneau (1980) et Arnaud (1981) : leur répartition stratigraphique est considérée identique à celle décrite en Provence (Masse 1976).

- **Commentaire.** *Salpingoporella genevensis*, présentée comme caractérisant le Barrémien inférieur (Arnaud 1981 : 84), recouvre la majeure partie du Barrémien supérieur dans le même travail (Arnaud 1981 : 83, fig. 31) ; elle est d'autre part citée dans l'Aptien inférieur du Pas de la Balme (Arnaud 1981 : 170).

1.5 Dinokystes
Arnaud et al. (1998 : 33, 49) insistent sur la présence de dinokystes dans la partie moyenne de la coupe du Pas du Frou, située dans les Gorges du Frou (massif de la Chartreuse), 100 m sous les premiers niveaux à *Heteraster oblongus*. Examinés par M. Wilpshaar *in litteris*, ces dinokystes constituent selon ces auteurs un ensemble caractéristique du Barrémien supérieur attribué à la partie inférieure (mfs BA4, sous-zone à Giraudi = base de BsAia Arnaud-Vanneau 1980) de la zone à Giraudi. Ils sont présentés comme une première confirmation de l'âge Barrémien supérieur des *Calcaires urgoniens inférieurs* du Vercors septentrional, âge jusque-là « *établi sur la base de données de terrain et de corrélations séquentielles bien documentées* ».

Commentaire. Ces dinokystes, qui indiquent effectivement le Barrémien supérieur, ne proviennent pas de la séquence BA4 (*sensu* Arnaud et al. 1998) des Gorges du Frou (= Pas du Frou), mais de marnes situées 6 m sous les premiers niveaux à *H. oblongus* d'une autre coupe, celle de Berland, à 3 km plus à l'WNW (Orsat 1991, Orsat & Strohmenger 1993, Charollais et al. 1998, Mojon 2002), sur l'autre flanc d'un important chevauchement (Fig. 26) comme l'a dessiné Butler (1992). Par contre, déterminés par E. Monteil, les dinokystes collectés à Berland par Orsat (1991) dans les mêmes niveaux diagnostiquent bien un âge Barrémien supérieur – Aptien inférieur et sont corrélés par cet auteur avec la base des CIO de la coupe du Pas du Frou (Fig. 26 : Ai1a/Ai1b).

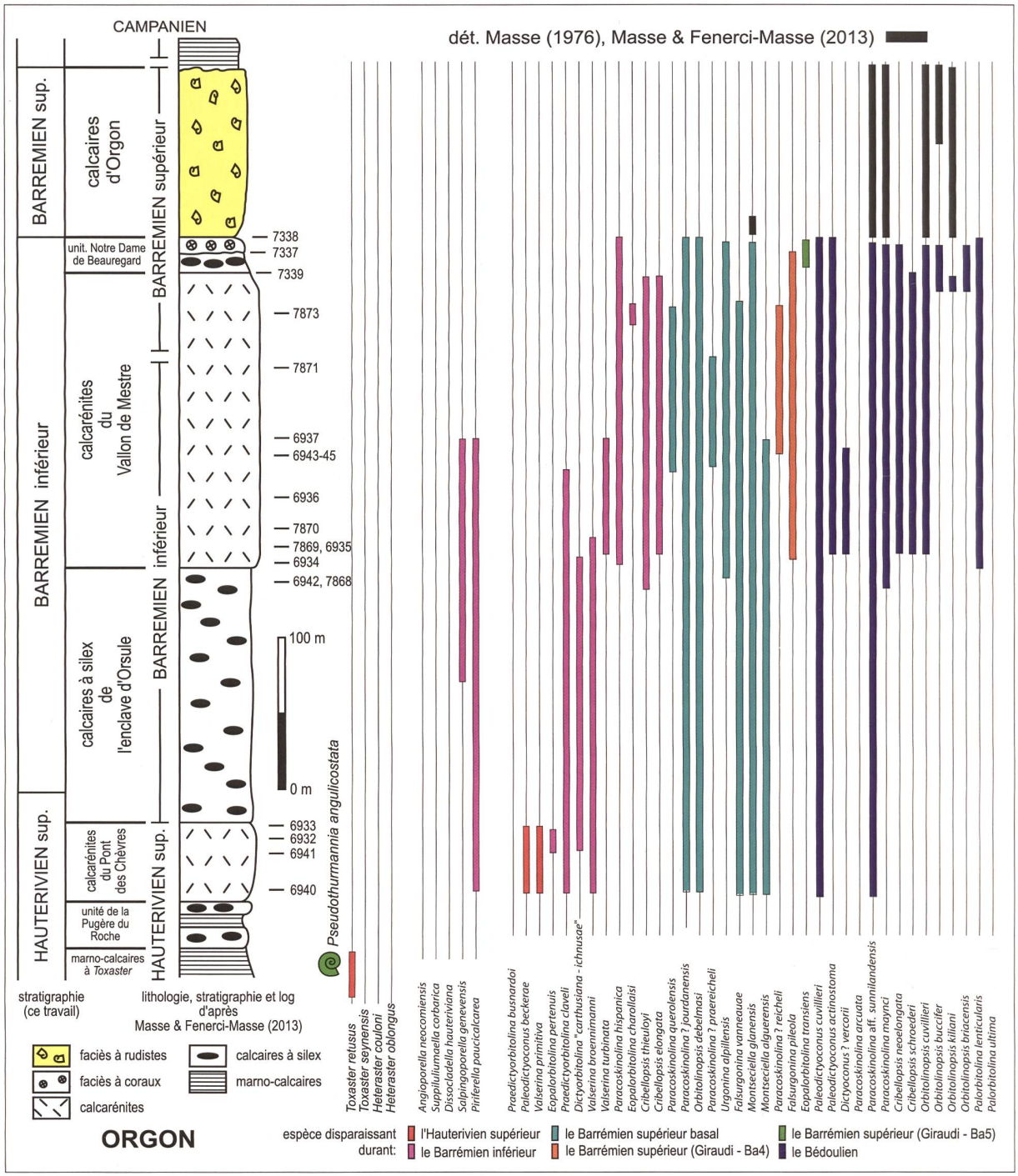


Fig. 25. Coupe d'Orgon (Alpilles). De gauche à droite:
- âge (ce travail), âge, unités et log lithologiques (Masse & Fenerci-Masse 2013);
- position de l'ammonite (Masse 1976);
- tableau de répartition des échinides, des algues (Pl. 30) et des orbitolinidés (Pls. 29-30): ce travail.

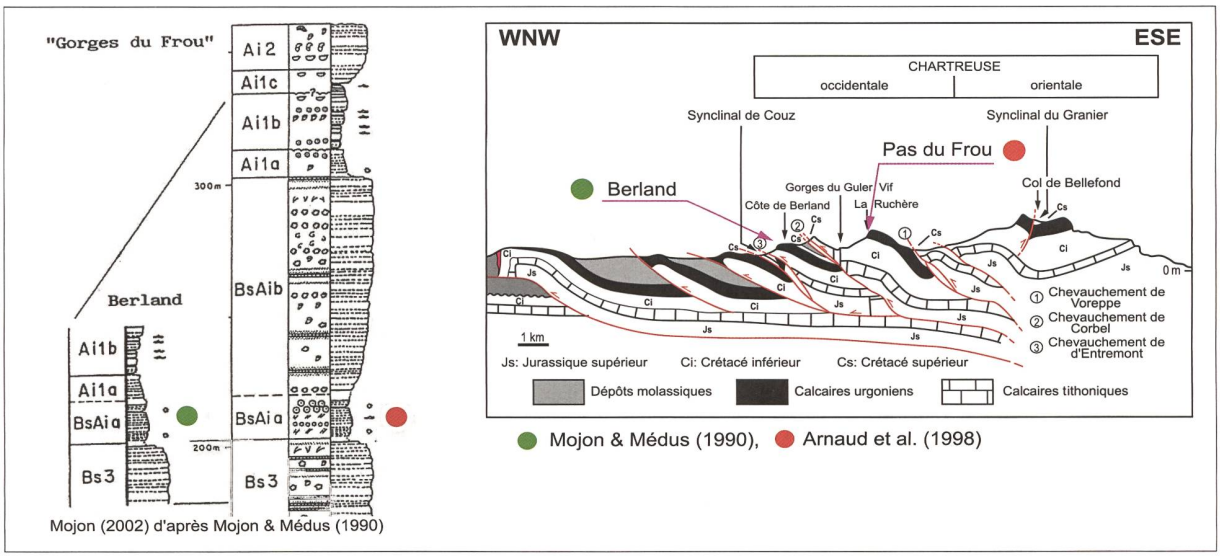


Fig. 26. Région des «Gorges du Frou»: coupe du Pas du Frou et de Berland.
A) log, microfaciès et biostratigraphie des coupes des «Gorges du Frou» (= Pas du Frou) selon Arnaud-Vanneau (1980) et de Berland (Mojon 2002). Confirmation de la biostratigraphie basée sur les charophytes, les dinokystes et les pollens (Mojon 2002; Mojon & Médus 1990).
B) profil tectonique dans la série écaillée du massif de la Chartreuse (région de Berland et des Gorges du Frou) par Butler (1992, d'après la feuille «Montmelian» à 1/50 000 de Gidon & Barféty 1969). On constate que la coupe de Berland (en vert) est distante de plusieurs kilomètres de la coupe du Pas du Frou (en rouge).

1.6. Charophytes et pollens

Dans leur coupe des Gorges du Frou (= Pas du Frou), Arnaud et al. (1998: 33, 49) insistent sur la présence de charophytes et de pollens dans deux bancs très voisins du niveau à dinokystes étudiés par Mojon & Médus (1990) pour Orsat (1991) et attribués à «*l'Aptien basal sans exclure le Barrémien sommital*». Ils en concluent que «*toutes ces données paléontologiques (i.e. dinokystes, charophytes et pollens) conduisent à localiser les séquences de dépôt BA4 et BA5, c'est-à-dire la plus grande partie des Calcaires urgoniens inférieurs, dans le Barrémien supérieur*».

Commentaire. Nous ferons remarquer que Mojon & Médus (1990), Orsat (1991), Mojon (2002) situent ces niveaux à charophytes et pollens dans la coupe de Berland (Fig. 26), entre 6 et 0 m sous les premiers niveaux à *H. oblongus*. Dans la coupe des Gorges du Frou le niveau de BA4 (*sensu* Arnaud) qui leur est attribué se situe 100 m (et non entre 6 et 0 m) au-dessous du niveau d'apparition des premiers *H. oblongus* (Fig. 11), dans la partie inférieure non basale des CIO.

2. Géochimie

Pour Raddadi (2005) et Arnaud-Vanneau et al. (2005), les courbes comparées du $\delta^{13}C$ et $\delta^{18}O$ du sommet des *Calcaires urgoniens inférieurs* des Gorges du Nant (Fig. 28, à gauche) et du stratotype hémipélagique de la Bédoule (Fig. 28, à droite) confirment la datation – zone à Giraudi, sous-zone à Sarasini du Barrémien supérieur terminal – antérieurement proposée pour ces niveaux (Arnaud et al. 1998). Ils corrèlent notamment le pic négatif du $\delta^{13}C$ présent à la base de la sous-zone à Sarasini de la Bédoule avec le pic négatif du $\delta^{13}C$ observé 20 m sous les CIO des Gorges du Nant.

Commentaire. Les corrélations bassin – plate-forme mentionnées ci-dessus ne sont plus acceptables. En effet Stein et al. (2012) ont complété l'étude du $\delta^{13}C$ de La Bédoule (Kuhnt et al. 1998) en y incluant les 6 derniers mètres de Calcaires urgoniens à rudistes sous-jacents aux bancs stratotypiques: ils signalent un premier pic négatif à 0,4‰ (valeur minimale de la coupe) au milieu des calcaires à rudistes, 7 m sous le pic de même amplitude identifié par Kuhnt et al. (1998) dans les niveaux hémipélagiques (le seul connu jusqu'alors).

On remarque donc que le sommet des *Calcaires urgoniens inférieurs* des Gorges du Nant (sous les CIO débutant au Barrémien supérieur) qui renferme une association d'orbitolinidés caractéristiques du Barrémien inférieur (Fig. 28: séquence Ba2), présente un pic négatif du $\delta^{13}C$ proche de 0,0‰.

Un pic identique existe au sommet des Calcaires urgoniens de La Bédoule dans lesquels nous avons également identifié une association d'orbitolinidés typique du Barrémien inférieur (Fig. 28, pl. 28).

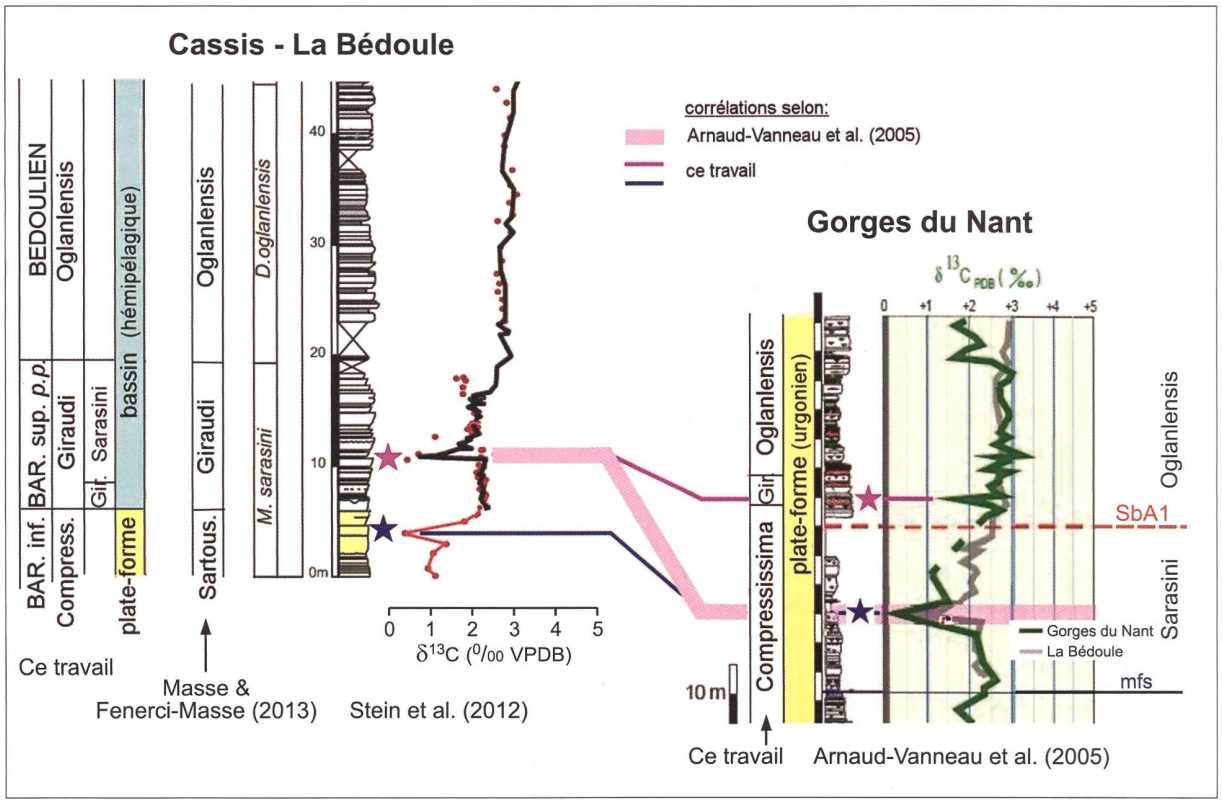


Fig. 27. Corrélation des pics négatifs du $\delta^{13}C$ observés dans les coupes de Cassis-La Bédoule (sommet des Calcaires urgoniens – base des faciès hémipélagiques) et des Gorges du Nant (sommet des Calcaires urgoniens inférieurs – base des CIO), selon Arnaud-Vanneau et al. (2005) et ce travail. Les valeurs du $\delta^{13}C$ de Cassis-La Bédoule sont tirées de Kuhnt et al. (1998: tracé noir) et de Stein et al. (2012: points rouges; le tracé rouge les reliant est dû à ce travail).

3. Stratigraphie séquentielle

3.1. Les termes séquentiels

Toutes les coupes figurées par Arnaud et al. (1998) sont interprétées en des termes de stratigraphie séquentielle identiques à ceux du modèle EXXON : HST (cortège de haut niveau marin), TST (cortège transgressif), LST (cortège de bas niveau marin), TS (surface de transgression), SB (limite de séquence), mfs (surface d'inondation maximale).

- **Commentaire.** L'examen de l'évolution des microfaciès (Arnaud-Vanneau 1980, Arnaud 1981) de chaque cortège de dépôt de ces mêmes coupes démontre que ces termes utilisés recouvrent incontestablement des notions différentes de celles du modèle EXXON.
- Ainsi, dans la séquence BA3 (*sensu* Arnaud) de la coupe de référence du Col de Rousset (Fig. 29), les marnes et calcaires argileux hémipélagiques des *Calcaires de Glandasse* sont assimilés à un cortège de bas niveau marin (LST) ; les faciès successivement bioclastiques, oolithiques et à madrépores sus-jacents sont réunis dans un intervalle transgressif (TST), tandis que la base du maximum de transgression (mfs) correspond au faciès le plus interne de la série (Bc1-2 = biosparites grossières à éléments et fragments de cnidaires *in* Arnaud 1981). Cette interprétation séquentielle est en contradiction avec les concepts du modèle EXXON.
- Les marnes et calcaires argileux hémipélagiques situés au-dessus, base de la *Formation des Calcaires urgoniens* sont attribués au maximum de transgression (mfs) et au cortège de haut niveau (HST).
- L'installation quasi instantanée, du sud du Vercors au nord du Jura suisse, des *Calcaires urgoniens* décrits comme phénomène transgressif (Arnaud 2005a) est donc censée se produire lors d'une période séquentiellement régressive (Arnaud et al. 1998).
- Elle est d'autre part mise en cause par les auteurs eux-mêmes, qui font débuter les *Calcaires urgoniens* avec le TST BA3 (*sensu* Arnaud) dans leur seconde coupe de référence des Gorges du Nant (Fig. 12) ainsi qu'à Eclépens (Fig. 9), c'est-à-dire avant leur apparition dans le Vercors méridional, origine déclarée de la transgression.
- Il en ressort que le cortège transgressif (TST) de la séquence BA3 (*sensu* Arnaud) appartient à la *Formation des Calcaires de Glandasse* au Col de Rousset et à la *Formation des Calcaires urgoniens* aux Gorges du Nant (Fig. 30).

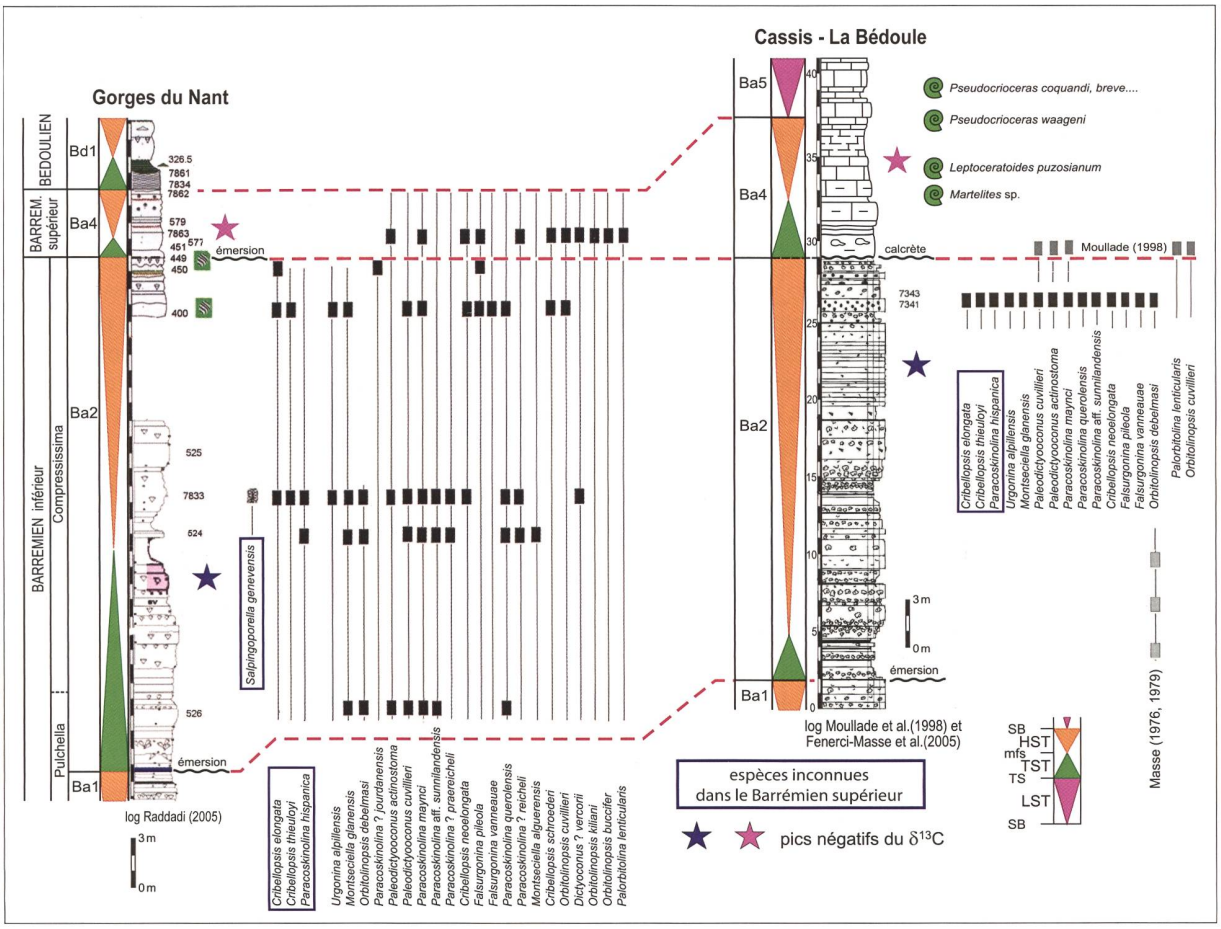


Fig. 28. La limite Barrémien inférieur – Barrémien supérieur dans les coupes des Gorges du Nant et de Cassis-La Bédoule. L'intervalle attribué dans ce travail à la séquence Ba2 (zones à Pulchella et Compressissima pars*) du Barrémien inférieur était jusqu'à présent attribué à diverses zones du Barrémien supérieur et de l'Aptien: zone à Sartousiana (Cassis-La Bédoule – Masse & Fenerci-Masse 2013); sommet de la zone à Giraudi, sous-zone à Sarasini (Gorges du Nant – Arnaud et al. 1998, Arnaud-Vanneau et al. 2005, Arnaud 2005a); partie non basale de la zone à Oglanlensis (Gorges du Nant – Arnaud 2005b). Les orbitolinidés du sommet des Calcaires urgoniens de la coupe de Cassis-La Bédoule sont illustrés sur la planche 28.*

3.2 La discontinuité SbB3

De Arnaud-Vanneau et al. (1976) à Arnaud-Vanneau & Arnaud (1986), la base des Calcaires urgoniens est datée du Barrémien supérieur, le Barrémien inférieur étant représenté par les Calcaires de Glandasse (bioclastiques) dans le Vercors méridional et par les Couches à Panopées (hémipélagiques) du Vercors septentrional au Jura neuchâtelois (Fig. 31).

Prenant en compte les très nombreuses ammonites collectées immédiatement sous les faciès de plate-forme (Clavel et al. 1986, 1987), Arnaud & Arnaud-Vanneau (1989: 654) écrivent alors «*les dépôts du Barrémien inférieur et de la plus grande partie, voire de la totalité de l'Hauterivien supérieur disparaissent vers le nord entre le Vercors et le Jura neuchâtelois; les calcaires urgoniens débutent dans toute cette région au Barrémien supérieur élevé, contrairement à l'opinion de Clavel et al. (1986, 1987)*».

Cette disposition est confirmée par Arnaud et al. (1998), Arnaud (2005a: fig. 15) et Arnaud-Vanneau et al. (2005), qui réaffirment le caractère transgressif – rétrogradant de la Formation des Calcaires urgoniens. Dans le détail des coupes étudiées (hors celles du voisinage du Col de Rousset), cette phase émersive est identifiée par la discontinuité SbB3, «*partout caractérisée par des indices d'émersion précoce (…), des ravinements et des remaniements importants*» (Arnaud et al. 1998: 8), qui est située à la base du TST ou de la mfs de la séquence BA3 (*sensu* Arnaud).

Commentaire. Dans le Jura suisse, cette discontinuité qualifiée de «*probablement fortement érosive*» (Arnaud et al. 1998: 63) n'a pu être reconnue ni par Charollais et al. (1994), ni par Blanc-Alétru (1995), ni par Raddadi (2005: 115 – La Lance, Buttes) qui mentionne une «*discontinuité Ju3* = SbB3 *qui ne montre pas d'indices d'émersion ou*

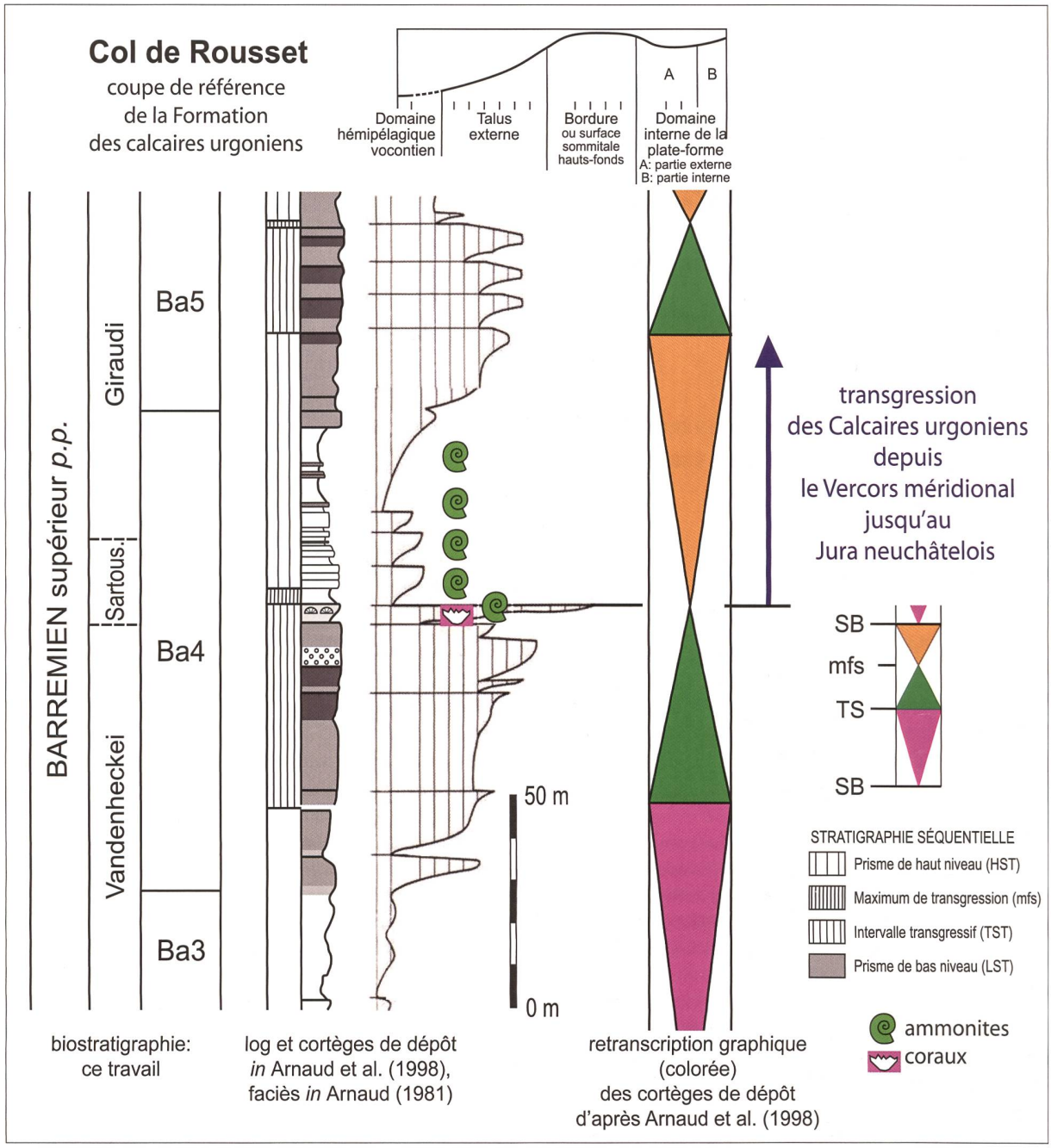


Fig. 29. Interprétation séquentielle du «drowning» *basal des Calcaires urgoniens au Col de Rousset. Le contact entre des calcaires bioclastiques à coraux et des marnes hémipélagiques à ammonites est considéré comme surface d'inondation maximale (mfs) par Arnaud et al. (1998, 2005b), Godet et al. (2012).*

d'érosion subaérienne », ni par Godet et al. (2010 – Eclépens). Ces derniers situent son niveau déterminé par Arnaud et al. (1998) au milieu d'un ensemble qu'ils attribuent à un cortège transgressif.

- A propos de la coupe du Pic de l'Oeillette (Chartreuse), où le *Plesiospitidiscus ligatus* (Hauterivien supérieur) cité (Clavel et al. 1987, Schroeder et al. 1990, 1999) et figuré par Clavel et al. (2010) est interprété par Arnaud et al. (1998 : 60) comme confirmation de l'importante lacune (un étage) coiffée par la SbB3, Raddadi (2005 : 108) écrit : « *Aucun indice d'émersion ou d'érosion subaérienne ne permet de localiser précisément la limite de séquence de dépôt SbB3* ».

3.3. Calcaires urgoniens : formation transgressive

Arnaud et al. (1998 : 35) précisent que les Calcaires de Glandasse – de la séquence BA1 au TST de la séquence BA3 (*sensu* Arnaud) –, qui représentent plus

de 700 m dans le Vercors méridional, ont une épaisseur de plus en plus réduite en direction du Vercors septentrional: ils disparaissent totalement au Serre de Pélandré, sous la limite de séquence ravinante SbB3, surmontée par les Calcaires urgoniens transgressifs depuis le Vercors méridional.

Arnaud et al. (1998: 36) confirment ce dispositif rétrogradant qui «*infirme à lui seul qu'une quelconque progradation du membre inférieur des Calcaires urgoniens puisse exister entre le Jura et le sud du Vercors, contrairement à l'opinion de Clavel et al. (1987), constamment reprise depuis par ces auteurs*». Ils réaffirment d'autre part que les falaises qui ceinturent le Vercors «*ne montrent aucune progradation régulière des Calcaires urgoniens entre la vallée de l'Isère au Nord et le Diois au sud, mais au contraire une disposition générale agradante et transgressive*» (Arnaud et al. 1998: 66).

Arnaud (2005a: 19) présente à nouveau les Calcaires urgoniens comme une formation transgressive en direction du Nord, à partir de la surface d'inondation maximale de la séquence BA3 (zone à Sartousiana) du Vercors méridional.

- **Commentaire.** Une progradation vers le Sud s'observe le long de la bordure occidentale du Vercors (Fig. 32): dans sa partie septentrionale (Gorges du Nant et Pas de Pré Coquet) les faciès bioclastiques hauteriviens constituent la base d'une falaise urgonienne ininterrompue.
- Au niveau des Grands Goulets (Fig. 13) des faciès hémipélagiques individualisent une barre inférieure bioclastique à orbitolinidés épaisse d'une soixantaine de mètres. Extrêmement réduite à Combe Laval (Fig. 19), cette barre bioclastique a disparu au Serre de Pélandré où elle est remplacée par des marnes et calcaires argileux hémipélagiques de même âge, datés eux aussi de l'Hauterivien supérieur par ammonites.

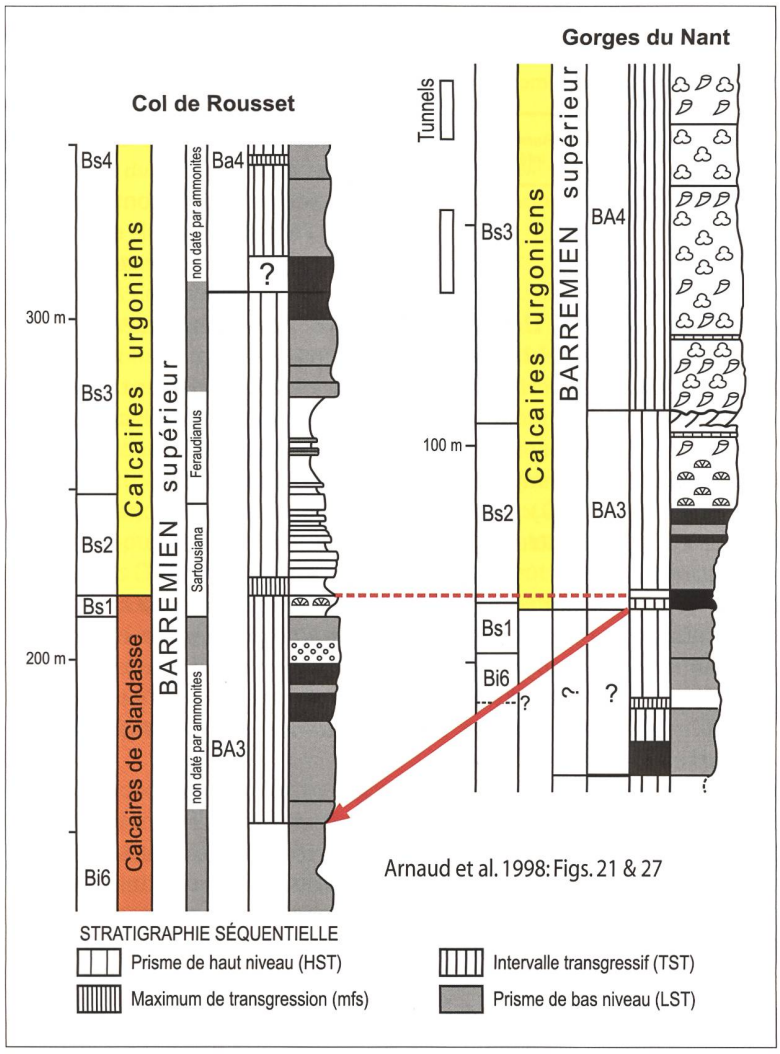


Fig. 30. Position séquentielle de la base des Calcaires urgoniens dans les deux coupes de référence de Arnaud et al. (1998, figs. 21 et 27). Flèche rouge: base du cortège transgressif; pointillés rouges: mfs.

4. Observations de terrain

Dès le Vercors septentrional et plus au nord, les attributions stratigraphiques des *Calcaires urgoniens inférieurs*, basées notamment «*depuis longtemps*» sur les «*associations d'orbitolinidés et les corrélations séquentielles*» ainsi que, partiellement, sur les «*charophytes, pollens et dinoflagellés*» (Arnaud et al. 1998: 29) et sur les «*données de terrain et les corrélations séquentielles bien documentées*» (Arnaud et al. 1998: 33), ne résistent pas aux observations de terrain rapportées ci-dessous.

4.1. La falaise orientale du Vercors

Au titre des «*corrélations séquentielles bien documentées*» nous citerons l'interprétation de la falaise orientale du Vercors (Fig. 33): Arnaud (1981: 166) y décrit, de part et d'autre du col de la Balme, une première falaise bioclastique – partie basale du Membre Bi6, Barrémien moyen – qui «*vers le Nord, s'amoindrit et disparaît presque entièrement sous le sommet de la Grande Moucherolle*».

- **Commentaire.** La progradation vers le Sud des faciès bioclastiques urgoniens est pleinement confirmée le long de la falaise orientale,

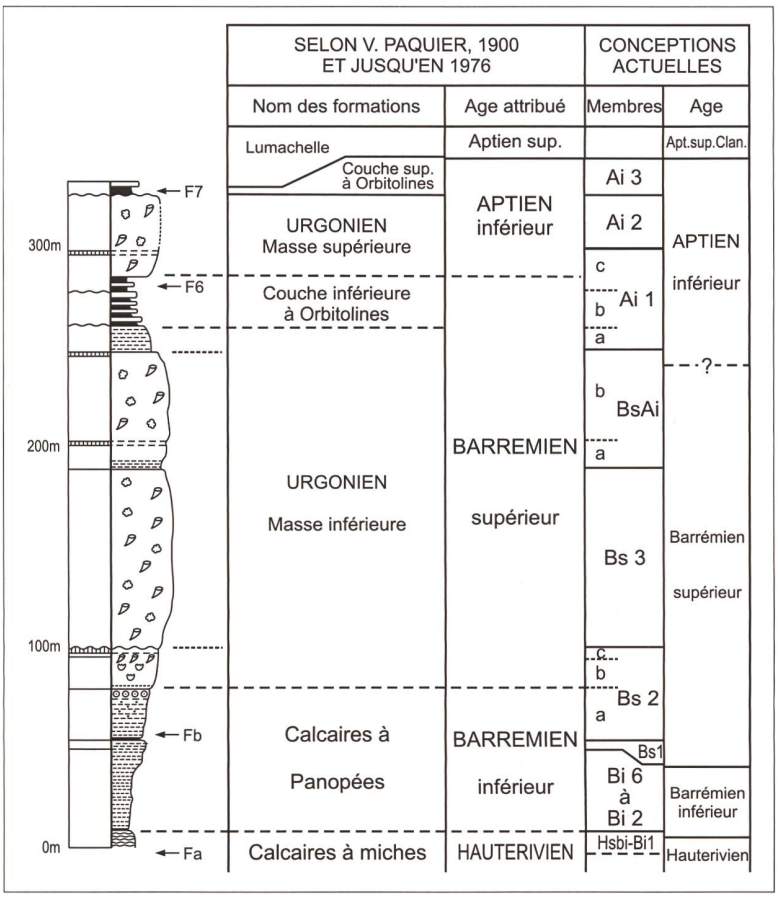


Fig. 31. Schéma stratigraphique historique des dépôts urgoniens de la région grenobloise d'après Arnaud-Vanneau (1980: 144, fig. 25).

Aiguille (Vercors méridional). Cette analyse est confirmée par Arnaud et al. (1998: 128-129).

- **Commentaire.** La même année, Busnardo et al. (1991) illustrent, à l'aide de nombreuses ammonites (Fig. 35B), la présence de cette même séquence H7 (*sensu* Arnaud), épaisse de 150 m, à la base du Mont Aiguille. Les ammonites collectées, dont certaines sont figurées par Clavel et al. (2010), sont les suivantes: *Pseudothurmannia picteti, Ps.* gr. *angulicostata, Ps.* gr. *lurensis, Ps.* gr. *grandis, Parathurmannia* gr. *sarasini, Par.* cf. *pseudomalbosi, Sornayites* gr. *simionescui, Emericiceras emerici, Acrioceras tabarelli, Raspailiceras* sp.
- La réalité de cette discontinuité érosive à l'échelle régionale est invalidée par les données de terrain.

où le biseau stratigraphique observé de façon discontinue dans les coupes de la bordure occidentale du Vercors (Fig. 32), est visible de façon continue (Figs. 33-34), de sa formation (Grande Moucherolle) à sa disparition au sein des alternances hémipélagiques (Pas Ernadant). Au niveau du Pas de la Balme la coupe est identique à celle des Grands Goulets, distante de 9 km à l'ouest, à la même latitude: à l'extrême sommet des faciès hémipélagiques, sous la falaise inférieure attribuée au membre Bi6 par Arnaud (1981), nous avons collecté des ammonites de l'Hauterivien sommital (dont *Pseudothurmannia angulicostata*) et identifié la succession *Toxaster retusus – Toxaster seynensis* (Clavel et al. 1987).

- Nos observations infirment donc le sens du Sud vers le Nord de la progradation de la plate-forme urgonienne proposé par Arnaud et coauteurs depuis 1981.

4.2. La discontinuité «renforcée tectoniquement» du Mont Aiguille

Au titre des «*données de terrain bien documentées*» nous citerons Jacquin et al. (1991: 129). Conjuguant stratigraphie séquentielle et biostratigraphie (Fig. 35A), ils décrivent une discontinuité «*tectonically enhanced*» à l'origine de l'érosion d'«*au moins 150 m de sédiments hémipélagiques – séquence H7 [= zone à Angulicostata]*» au Mont

4.3. L'exemple des Couches inférieures à orbitolines

La vérification sur le terrain d'hypothèses tirées de la logique d'un modèle permet de tester la valeur de ce dernier, et notamment son caractère prédictif: l'exemple des *Couches inférieures à orbitolines* (CIO) des massifs subalpins septentrionaux le démontre.

Pour Arnaud et al. (1998: 32), les CIO, qui sont reconnues «*depuis longtemps comme un repère cartographique continu*», «*correspondent à l'intervalle transgressif et au maximum de transgression d'une seule séquence de dépôt (séquence AP1)*».

Arnaud-Vanneau et al. (2005) confirment que la *mfs* de la séquence AP1 correspond au dernier niveau marneux des CIO. A la base de celles-ci, des paléosols (Berland, Pas du Frou) ou des charophytes remaniés (Gorges du Nant, Grands Goulets) sont présents (Arnaud-Vanneau 1980; Mojon & Médus 1991; Orsat 1991; Mojon 2002).

- **Commentaire.** Notre modèle (orbitolinidés et stratigraphie séquentielle) suggérant l'existence de trois séquences différentes à l'intérieur des CIO,

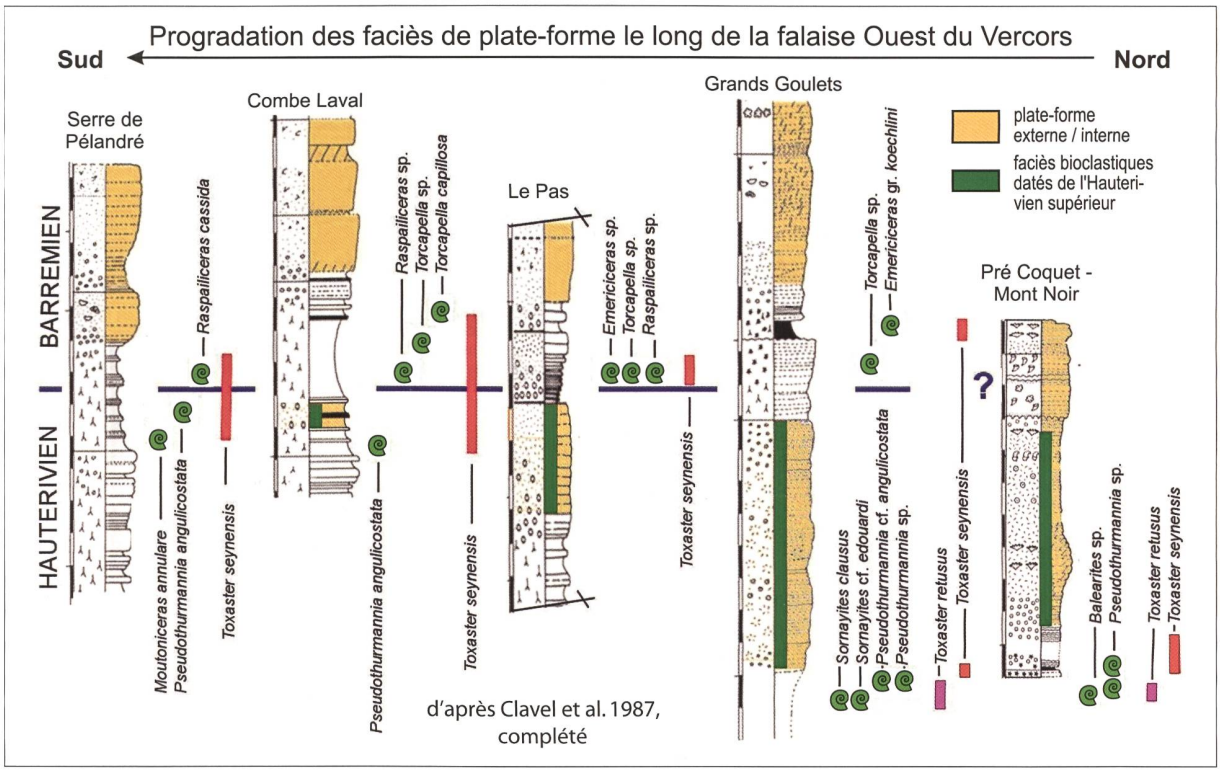


Fig. 32. Corrélations de coupes relevées dans la falaise occidentale du massif du Vercors montrant la progradation des faciès de plate-forme du N vers le S, d'après Clavel et al. (1987), modifiées (ce travail). Niveau de référence: limite Hauterivien – Barrémien.

nous avons testé cette hypothèse en différentes coupes des massifs des Bornes, de la Chartreuse et du Vercors, où elles sont identifiables (Fig. 36) : il en est résulté la reconnaissance de trois discontinuités émersives-érosives dans chacune d'entre-elles (Δ1-Δ3), soulignées par la présence de charophytes de la biozone palynologique à Cruciata (Clavel et al. 2002 ; Martin-Closas et al. 2009). Ces discontinuités (Fig. 36) démontrent que les CIO des massifs subalpins septentrionaux, qui abritent les cortèges transgressifs (TST) de trois séquences, ne constituent pas le TST d'une unique séquence comme interprété par Arnaud et al. (1998, Arnaud-Vanneau et al. 2005).

5. Conclusions

Il est difficile de comprendre sur quelles bases repose exactement le modèle proposé par Arnaud et al. (1998), Arnaud (2005a), Arnaud-Vanneau et al. (2005), entériné par Bastide et al. (2010, 2012). Les imprécisions, inconsistances et falsifications affectant les éléments paléontologiques, séquentiels et les données de terrain qui le composent seront brièvement rappelés ci-dessous.

Sédimentologie. La *Formation des Calcaires urgoniens*, définie comme constituée essentiellement de calcaires à rudistes, a pour première coupe de référence – la seule dont la base est datée par ammonites – (Col de Rousset : figs. 15 et 29) un ensemble composé en majeure partie de dépôts circalittoraux d'où les faciès internes (à rudistes ou non) sont totalement absents. Sa définition originale inclut également, « *par commodité* », les calcaires à silex et les calcaires argileux hémipélagiques qui la bordent (Arnaud et al. 1998 : 11). Elle devient de ce fait un concept flou.

Lithostratigraphie. Des calcaires essentiellement à rudistes et accessoirement bioclastiques (*Calcaires urgoniens*) ou l'inverse (*Calcaires de Glandasse*) définissent deux formations différentes (Arnaud et al. 1998 : 11) composées des mêmes éléments lithologiques en proportion variable : elles ne se différencient donc que par l'âge qui leur est attribué, ce qui est contraire aux règles internationales de nomenclature.

Biostratigraphie. Les figures 5, 9-15 et 17-23 et les planches 4 à 27 démontrent que les espèces reconnues par Arnaud et al. (1998) comme « *strictement cantonnées* » au Barrémien supérieur ou à l'Aptien inférieur sont présentes en nombre tout au long du Barrémien – parfois même dès l'Hauterivien supérieur –.

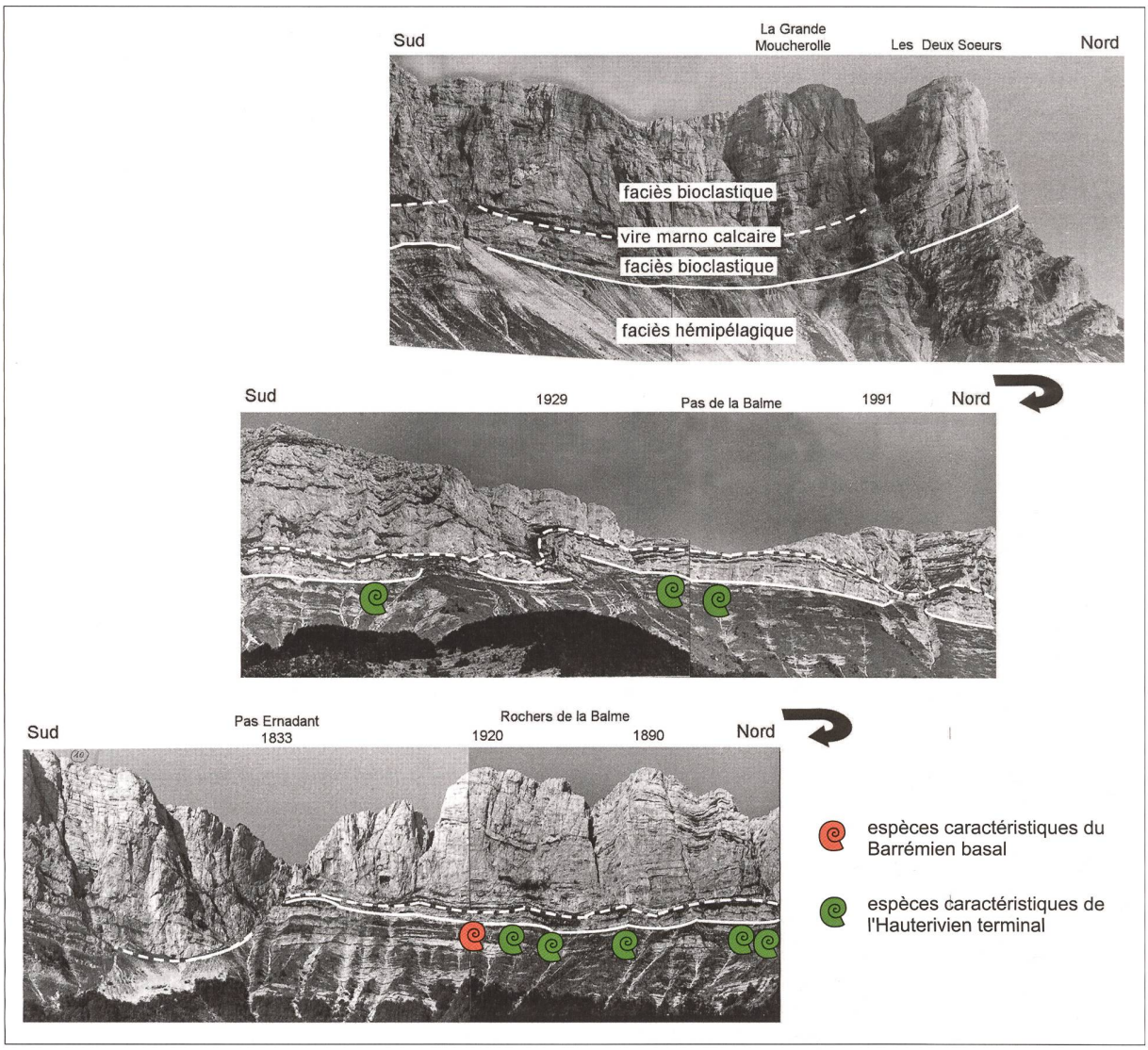


Fig. 33. Falaise orientale du massif du Vercors de part et d'autre du Pas de la Balme (photos R. B.):
10A: compartiment nord,
10B: compartiment central,
10C: compartiment sud
Le biseau stratigraphique identique à celui de la falaise occidentale (voir fig. 34) est souligné par des traitillés.

Concepts séquentiels. Dans la coupe de référence du Col de Rousset, la base de la *Formation des Calcaires urgoniens* est représentée par un maximum de transgression (mfs) qui correspond au faciès le plus interne de toute la coupe, alors que le cortège transgressif (TST) sous-jacent est constitué de faciès régressifs (des micrites à spicules de spongiaires aux biosparites à cnidaires).

Cette même base, constituée par la mfs de la séquence BA3 (*sensu* Arnaud) au Col de Rousset, est attribuée au début de l'intervalle transgressif (TST) de la seconde coupe de référence (Gorges du Nant) : le TST BA3 appartient donc à deux formations différentes : *Calcaires de Glandasse* dans le Vercors méridional, *Calcaires urgoniens* dans le Vercors septentrional.

Données de terrain. L'âge Barrémien supérieur attribué par Arnaud et al. (1998) aux *Calcaires urgoniens inférieurs* du Vercors septentrional au Jura est confirmé par des pollens, charophytes et dinoflagellés sur la base de la falsification de leur provenance (Berland) et de leur position dans la coupe citée (Gorges du Frou).

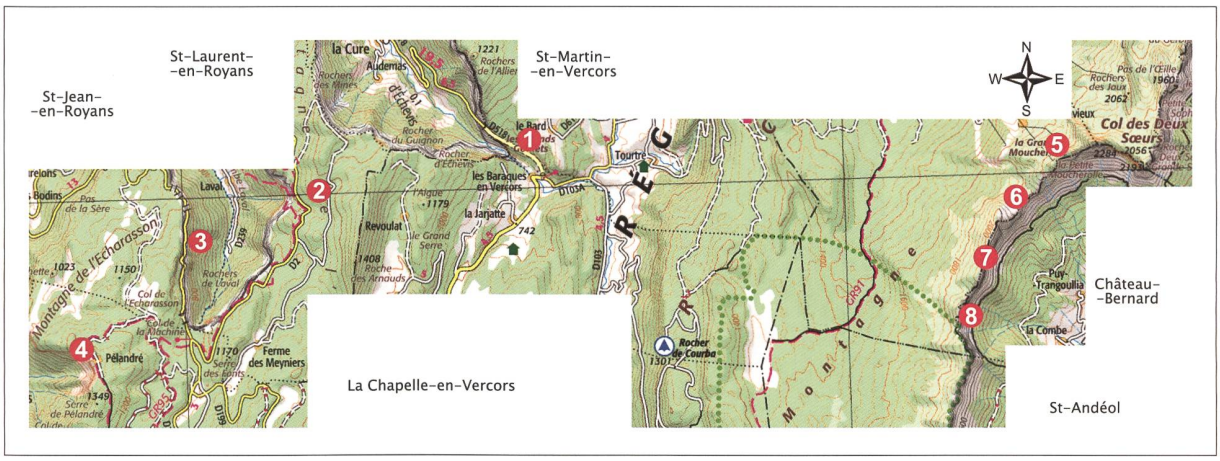


Fig. 34. Plan de situation des transects illustrés dans les Figs. 31 et 32. Ouest: 1- Les Grands Goulets, 2- Le Pas, 3- Combe Laval, 4- Serre de Pélandré; Est: 5- La Grande Moucherolle, 6- Pas de la Balme, 7- Rochers de la Balme, 8- Pas Errnadant. Fond topographique © www.geoportail.fr & IGN - Institut Géographique National, 73 avenue de Paris, F-94165 St-Mandé Cedex (France).

De même les observations faites sur les bordures occidentale et orientale du Vercors, ainsi qu'au Mont Aiguille contredisent totalement les schémas publiés depuis 1981 par Arnaud et co-auteurs.

- **Contradictions internes.** Arnaud et al. (1998: figs. 33 et 34) entretiennent eux-mêmes l'incertitude sur leurs conclusions en attribuant au Barrémien supérieur du Jura suisse des niveaux dans lesquels Arnaud-Vanneau & Masse (1989) avaient cité et figuré des orbitolinidés – *Urgonina alpillensis protuberans*, *Paleodictyoconus* sp. 1 et sp. 2 – qu'ils affirment strictement cantonnés au Barrémien inférieur (Arnaud et al. 1998 : 26).

  Dans la même publication, Arnaud et al. (1998, figs. 36 et 39) considèrent comme absents du Barrémien inférieur trois espèces d'orbitolinidés dont les types (décrits par Arnaud-Vanneau 1980 aux Grands Goulets) proviennent de niveaux formellement attribués au Barrémien inférieur quelques pages avant.

- **Autoréférences erronées.** Le sommet des *Calcaires urgoniens inférieurs* – SbA1 (*sensu* Arnaud) – marque la limite Barrémien – Aptien inférieur (Arnaud et al. 1998 : fig. 39 ; Arnaud 2005a : fig. 16), mais est situé dans l'Aptien inférieur pour Arnaud (2005b : figs. 88 et 89). Cette limite de séquence est présentée dans ces trois dernières publications comme émersive et « *highly erosive* » en raison d'une baisse importante du niveau marin. Arnaud et al. (1998 : 66) citent en référence une précédente publication de Arnaud-Vanneau & Arnaud (1990 : 216), dans laquelle il est écrit exactement le contraire : « *the emergence at the top of the BsAi parasequence… appears to be minor. It is distinguished either by the unremarkable gullying of underlying limestone or by a very rarely preserved thin level of Characae micrite above he erosion surface (Chartreuse).*[5] »

IV. Examen critique du modèle de l'école neuchâteloise – lausannoise

[l'Urgonien, une formation régressive au Barrémien supérieur]

Dans le domaine helvétique (Föllmi et al. 1994, 2007) proposent un schéma biostratigraphique et lithologique très proche de celui de l'école grenobloise : les calcaires à rudistes, coraux, orbitolinidés… représentant le *Schrattenkalk* reposent sur les faciès externes de la *Formation de Tierwis*, dont la partie sommitale (« *Chopf beds* ») a fourni des ammonites de la base de la zone à Sartousiana dans la coupe du Barbielergrat-Alvier (Bodin et al. 2006c). Le membre intermédiaire du Rawil est tenu pour équivalent des CIO (Fig. 36).

[5] «l'émersion au sommet de la paraséquence BsAi… apparaît peu importante. On la reconnaît soit au faible ravinement des calcaires sous-jacents soit à un mince niveau de micrite à characées, très rarement préservé, sur la surface d'érosion (Chartreuse)»