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: II: Modèle de l'école genevoise-lyonnaise

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: 12.12.2025

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

phiques différentes : Hauterivien supérieur (Clavel & Charollais 1989a, b ; Clavel et al. 1995 et seq. ; ce travail) contre Barrémien supérieur élevé (Arnaud-Vanneau 1980 ; Arnaud 1981 ; Arnaud & Arnaud-Vanneau 1989 ; Arnaud et al. 1998 ; Bodin et al. 2006b ; Föllmi et al. 2006, 2007 ; Föllmi & Gainon 2008 ; Godet et al. 2012).

L'évolution de cette plate-forme est d'autre part attribuée à :

- une **progradation** régulière en direction du bassin (Clavel & Charollais 1989b ; Charollais et al. 2001, 2003 ; Clavel et al. 2007, ce travail), essentiellement ;
- une **transgression** depuis le sud du Vercors en direction du Jura sur un domaine émergé (Arnaud et al. 1998, Arnaud 2005a) ;
- une **régression** à partir d'un domaine ennoyé – « *drowned* » – (Godet et al. 2012).

Enfin, les attributions **biostratigraphiques** de chacun de ces modèles sont l'objet de **découpages séquentiels différents,** dont aucun n'est d'autre part comparable avec ceux proposés par Hardenbol et al. (1998) et Haq (2014), fréquemment utilisés dans les publications récentes.

Nos observations de terrain et les conclusions – tant biostratigraphiques que séquentielles – qu'elles impliquent, nous permettrons l'illustration et l'analyse critique des divers points ci-dessus.

II. Modèle de l'école genevoise-lyonnaise

[l'Urgonien, essentiellement une progradation régulière en direction du bassin]

1. Remarques préliminaires

La biostratigraphie demeure actuellement la technique fondamentale de datation : toutes les autres (stratigraphie séquentielle, géochimie, etc.) lui sont complémentaires.

Rappelons que l'échantillonnage sur le terrain doit être adapté au type de données désirées. Ainsi, l'étude de foraminifères tels que les orbitolinidés nécessite sur le terrain un examen à la loupe qui exige du temps si le faciès n'est pas très riche. Ces foraminifères n'étant pas distribués uniformément dans la roche, il est en effet nécessaire de rechercher les niveaux les plus fossilifères pour disposer d'un nombre et d'une diversité statistiquement significatifs.

Au stade d'achèvement de l'étude, il nous semble également utile, sinon impératif, que les fossiles les plus significatifs sur le plan biostratigraphique soient figurés dans les publications, assurant ainsi la crédibilité des articles, ce qui justifie la présence ici de 32 planches d'ammonites, d'orbitolinidés et de dasycladales. Ces illustrations complètent celles des 30 planches de la récente publication de Clavel et al. (2010) portant sur la répartition biostratigraphique des orbitolinidés de l'Hauterivien supérieur et du Barrémien

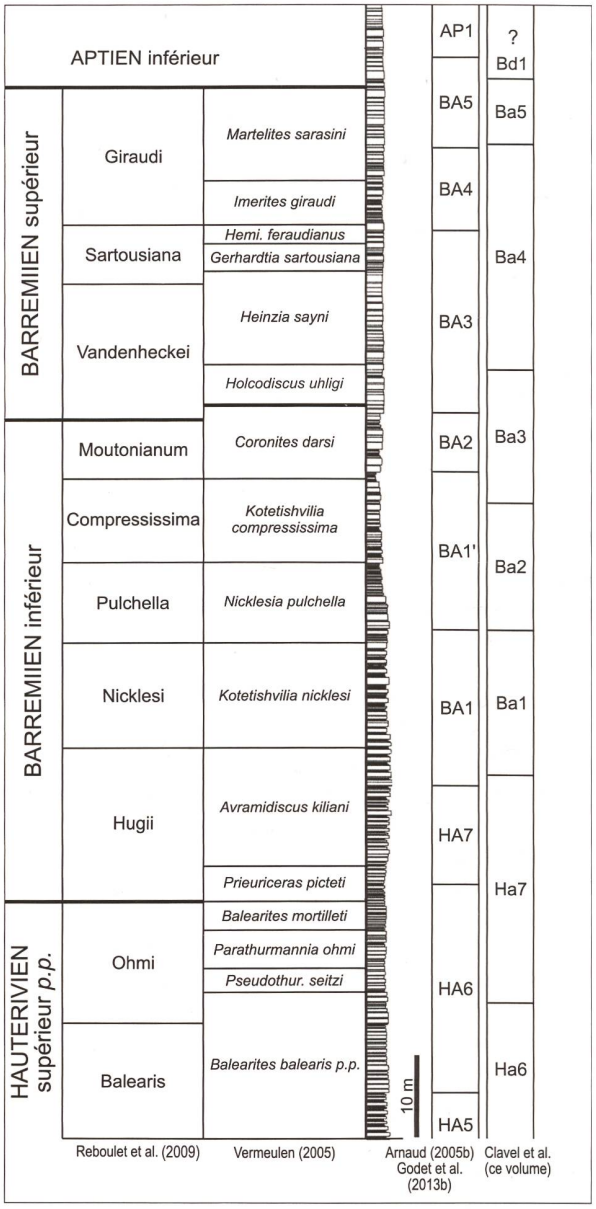


Fig. 2. Coupe lithologique du stratotype d'Angles (Vermeulen 2005). Correspondance entre les zones d'ammonites (Vermeulen 2005; Reboulet et al. 2014) et les cortèges de dépôt suivant la terminologie de Arnaud (2005b; Godet et al. 2013b) et le découpage séquentiel de Clavel et coauteurs (ce travail). Pour éviter toute confusion avec notre propre nomenclature, les abréviations utilisées par Godet et al. (2013b) sont citées sous une forme identique à celles de Arnaud (2005b).

basal. Les déterminations pourront en effet être appréciées par le lecteur et révisées ultérieurement en fonction de connaissances nouvelles, si nécessaire.

2. Biostratigraphie

Le découpage du Crétacé inférieur repose sur la biozonation à ammonites, régulièrement modifiée et affinée (Fig. 2) : nous utiliserons, pour la région étudiée, la biozonation proposée en 2009 par le « Kilian Group » (Reboulet et al. 2009). Les biozones reconnues identifient des successions chronologiques et n'ont évidemment pas une durée identique : ainsi, au Crétacé inférieur, la zone à Boissieri (Berriasien) correspond à 3 millions d'années selon Hardenbol et al. (1998), alors qu'au Barrémien, un même laps de temps est subdivisé en 4 zones d'ammonites selon la même source, en 7 zones par Föllmi et al. (2007) et par Godet et al. (2013a). Leur figuration à l'identique au sein d'un même étage ne représente donc qu'un artifice commode de présentation (exemple pour le Barrémien : chart Hardenbol et al. 1998 ; Föllmi et al. 2007 : fig. 2).

Les principaux éléments de datation fournis par les Calcaires urgoniens sont les ammonites (très rares), les échinides (beaucoup plus fréquents), mais surtout certains foraminifères (essentiellement les orbitolinidés, très fréquents), les dasycladales, dont certaines espèces sont des marqueurs fiables et précis et, dans une moindre mesure, les rudistes, les ostracodes, les nannofossiles et les dinokystes. Les quatre premiers groupes, qui sont souvent associés dans les mêmes niveaux stratigraphiques, sont les plus importants.

2.1. Ammonites

La collecte d'ammonites dans une coupe dépend du collecteur qui la réalise et leur détermination peut varier en fonction du spécialiste qui l'examine, ces deux facteurs ayant un poids important dans les conclusions finales. A ce sujet, un exemple très significatif a été donné par Clavel et al. (1997), qui analysaient les études du Valanginien supérieur de la Charce (Drôme) publiées respectivement la même année par Reboulet et al. (1992) et par Bulot et al. (1992). Sur les 12 genres dont la répartition est publiée par ces deux équipes de chercheurs, 7 ne débutent pas dans les mêmes bancs. D'autre part, pour les 4 genres multispécifiques dont la composition spécifique est détaillée, 22 espèces sont citées. Or, il n'y en a que 9 de communes aux deux équipes et seulement 3 espèces ont une position stratigraphique identique.

Trouver des céphalopodes dans les faciès carbonatés de la plate-forme urgonienne est exceptionnel. Pourtant Delamette (2002 : 191, fig. 244) signale et figure un nautile dans une tempestite au sein des Calcaires urgoniens de la Pointe de Bellegarde (massif du Haut-Giffre, Haute-Savoie). De même, Jacques Jenny, géologue genevois, a observé dans une voie d'escalade de la Pointe Percée (chaîne des Aravis) une empreinte de céphalopode dans les Calcaires urgoniens (communication orale, 2004).

En revanche, les dépôts hémipélagiques immédiatement sous-jacents à – ou intercalés dans – la falaise urgonienne tout comme les faciès marneux externes présents sur la plate-forme (« *Couches inférieures à orbitolines* » et leurs équivalents par exemple) sont susceptibles de livrer ammonites et échinides. Ils ont fourni les ammonites qui permettent la calibration biostratigraphique de la répartition des orbitolinidés.

Clavel et al. (2010) ont publié 8 coupes couvrant l'Hauterivien supérieur et le Barrémien basal de la plate-forme urgonienne du SE de la France. Sur les 50 ammonites figurées, 3 se situent immédiatement sous la falaise urgonienne (Pic de l'Oeillette, Mont Aiguille, Chames), 35 encadrent des faciès bioclastiques à orbitolinidés.

Dans la seconde partie de la contribution de Clavel et al. (2015, sous presse), consacrée aux orbitolinidés du Barrémien, 56 ammonites sont figurées, dont 42 encadrent des faciès de plate-forme à orbitolinidés dans 4 coupes (Montagnette, Serre de Tourre, Mas de Gras, La Charce).

Rappelons également que Granier et al. (2013) ont publié récemment la coupe de l'Estellon (Baronnies, SE France) où les coulées bioclastiques issues de la plate-forme ardéchoise, riches en orbitolinidés, sont encadrées par des ammonites caractéristiques durant tout le Barrémien (Busnardo et al. 2013). Ces données nous permettent de présenter ici un tableau de répartition biostratigraphique des orbitolinidés pour le SE de la France et le Jura franco-suisse mis à jour.

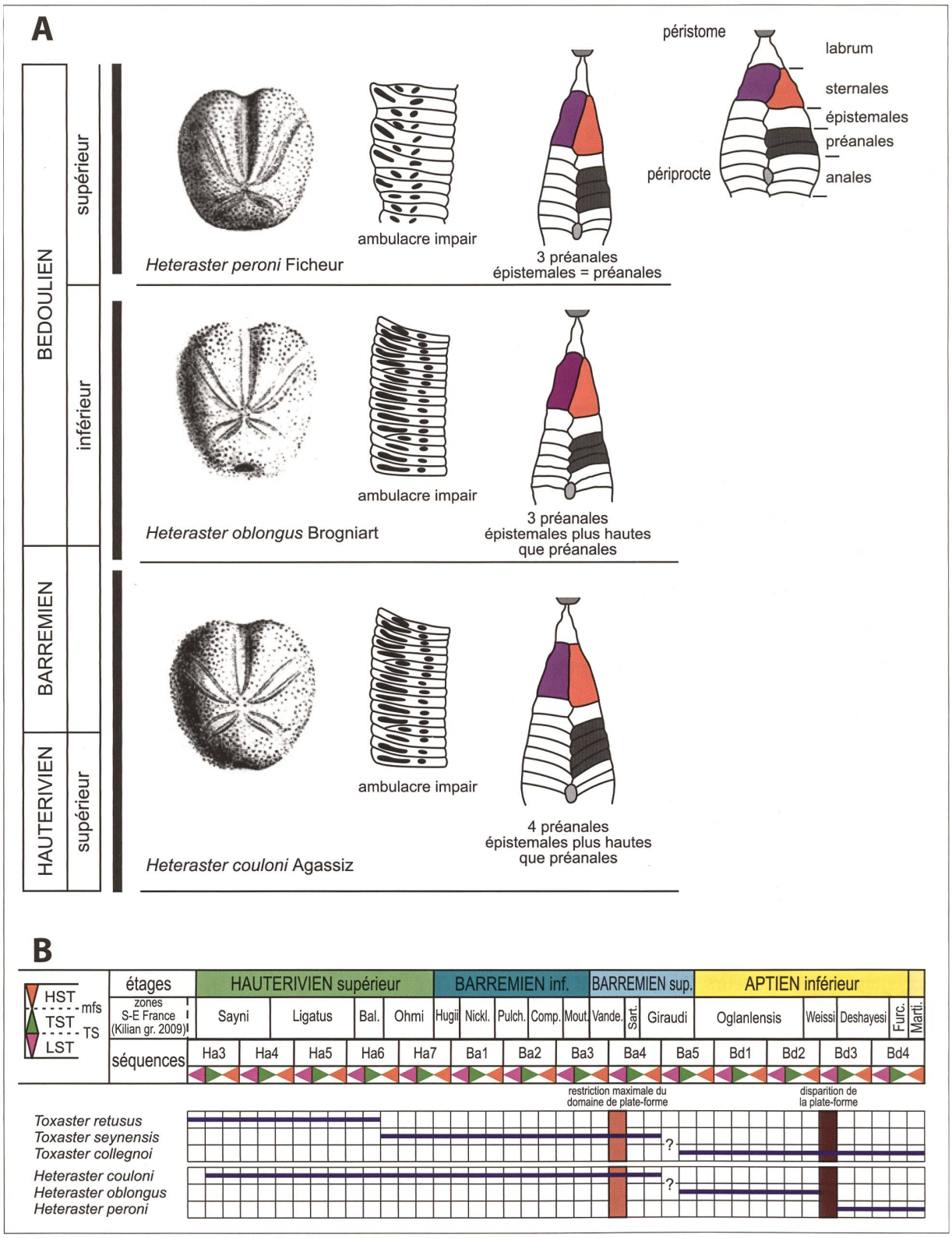
2.2. Echinides

Clavel (1984, 1989 : 149-182, révisé *in* Clavel et al. 2009) a décrit en détails l'évolution de structures anatomiques de certains genres d'échinides, qui permettent de définir des espèces à réelle valeur biostratigraphique (Fig. 3B). C'est le cas pour :

- *Toxaster retusus* qui fait son apparition dans la partie non basale de la zone à Radiatus (Hauterivien inférieur) et disparaît dans la partie inférieure de la zone à Sayni (base de l'Hauterivien supérieur) dans le domaine jurassien, en raison de l'arrivée de faciès infralittoraux. Par contre, dans le domaine hémipélagique, cette espèce persiste jusqu'à la base de la zone à Angulicostata (sommet de l'Hauterivien supérieur), où elle est remplacée par *T. seynensis* ;

- *Toxaster seynensis* qui débute dans la partie sommitale de l'Hauterivien supérieur et s'éteint au Barrémien supérieur non terminal.

Ces deux espèces, signalées en association avec des ammonites dans la chaîne des Aravis et dans le massif des Bornes, ont récemment fait l'objet d'une figuration et d'une mise au point sur leur valeur biostratigraphique précise (Charollais et al. 2009 : 54-55 et 63, pl. 3).



Dans un travail sur les « *Couches inférieures à orbitolines* » des chaînes subalpines septentrionales, Clavel et al. (2002) ont démontré l'importance biostratigraphique des *Heteraster*. Leur fréquence dans les niveaux marneux permet de séparer aisément le Barrémien supérieur du Bédoulien inférieur. En effet, *Heteraster couloni* ne dépasse pas le Barrémien supérieur (partie basale de la zone à Giraudi – HST Ba4), alors que *Heteraster oblongus* débute dans le Barrémien sommital (partie sommitale de la zone à Giraudi – TST Ba5) et se développe dans le Bédoulien. Les deux espèces (Fig 3A) pouvant être confondues en cas de mauvaise conservation, certaines attributions biostratigraphiques anciennes basées sur ces échinides se sont avérées erronées. Citons le cas du fameux gisement d'Aptien de Boveresse (Jura neuchâtelois) décrit par Guillaume & Portmann (1965), qui en réalité doit être daté de l'Hauterivien non terminal comme l'ont montré Clavel et al. (1994). De même, l'identification de *Heteraster couloni*, confondu dans un premier temps avec *Heteraster oblongus* par Orsat & Strohmenger (1993), a également permis, grâce aux critères anatomiques définis par Clavel (1989), Clavel et al. (2002), de séparer le Barrémien supérieur du Bédoulien dans la coupe de Berland au front du massif de la Chartreuse (Orsat et al. 1998 : 73-86).

La distribution précise de ces deux espèces a été récemment publiée (Clavel et al. 2007 : fig. 3a). Cette référence a été utilisée par Masse & Fenerci-Masse (2011) pour confirmer l'attribution des « Palorbitolina – H. oblongus *beds – Late Barremian drowning* » de Provence à la « *transition Sartousiana-Giraudi ou à l'extrême base de la zone à Giraudi* » : cette attribution stratigraphique représentant dans la publication originale la dernière apparition d'*Heteraster couloni*, ne correspond pas à celle de la source citée.

2.3. Orbitolinidés

2.3.1. Méthodologie

Nos techniques d'étude des orbitolinidés ont déjà été exposées dans plusieurs notes (Clavel et al. 2010 : 2 ; Granier et al. 2013 : 150) : nous estimons qu'elles expliquent la majeure partie des énormes différences (pouvant dépasser un étage) observables dans les répartitions biostratigraphiques publiées respectivement par Arnaud et al. (1998), Arnaud (2005a) et Clavel et al. (2007, 2009, 2010, 2013), Granier et al. (2013).

Ainsi que nous l'avons mentionné plus haut, un examen préalable à la loupe, sur le terrain, est indispensable pour s'assurer du choix d'échantillons riches et représentatifs : la récolte généralement nécessaire va de plusieurs kilos à une trentaine de kilos de matériel par niveau. En laboratoire, les échantillons sont débités en tranches. Chacune d'elles est usée, polie et examinée à la binoculaire pour détecter des sections d'orbitolinidés d'espèces différentes et les orientations qui assurent leur détermination. Les sections les plus caractéristiques, passant si possible par l'embryon sont traitées – ou non – en lames minces (Fig. 4) et photographiées.

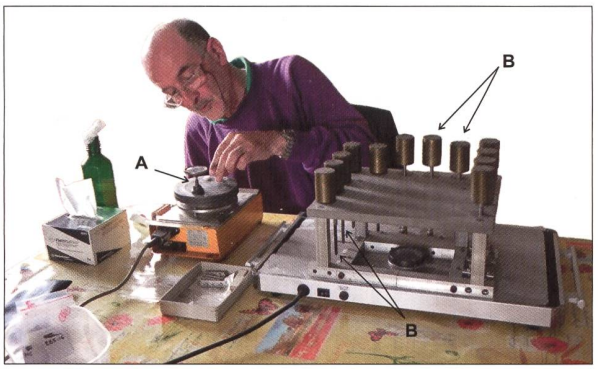


Fig. 4. Dispositif pour la préparation de sections orientées d'orbitolinidés.
A) Dans un premier temps, la face d'un cube de roche préalablement polie renfermant une section orientée d'orbitolinidé est collée sur un porte-objet chauffé entre 50 et 60 degrés, grâce à un mince film de colle (Hillquist à 2 composants; USA).
B) Dans un deuxième temps, phase de séchage sur une plaque chauffante à 80 degrés, pendant 1 heure, sous la pression d'un poids. Après ces opérations, le cube de roche adhère suffisamment fortement pour être scié et usé jusqu'à 7/100e de mm: on disposera alors d'une lame mince conventionnelle.

*Fig. 3. A) Echinides (*Heteraster*). De l'intervalle Hauterivien supérieur – Bédoulien supérieur. Issu du genre circalittoral hémipélagique* Toxaster, *le genre* Heteraster *représente son adaptation au domaine infralittoral de plate-forme. L'important allongement des pores ambulacraires externes répond à la teneur moindre en oxygène d'eaux plus chaudes.*
Les caractères évolutifs des trois espèces figurées sont notamment caractérisés par le recul de l'appareil apical en direction de l'extrémité postérieure, la réduction du nombre des plaques préanales du plastron et de la taille des épisternales.
B) Répartition stratigraphique des échinides cités dans ce travail. L'incertitude concernant les espèces présentes dans le LST Ba5 est due au fait que nous n'en avons pour l'instant jamais collecté de clairement déterminables dans les dépôts de ce niveau.

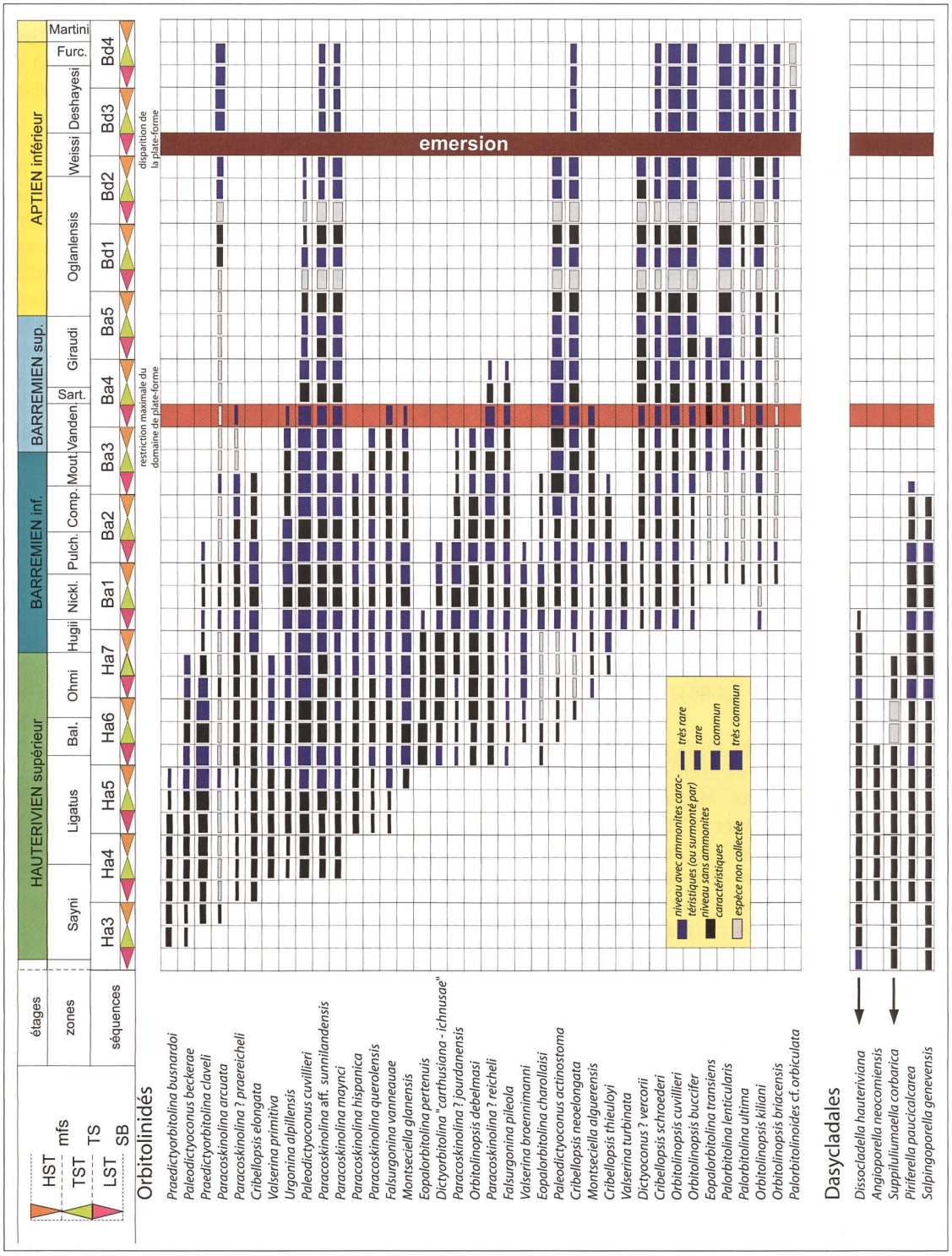


Fig. 5. Répartition biostratigraphique et séquentielle des orbitolinidés et des dasycladales dans le SE de la France, le Jura franco-suisse et le domaine helvétique de Suisse centrale. Nous utilisons la biozonation de Reboulet et al. (Kilian Group 2009), la plus appropriée à la succession des faunes d'ammonites qui sont rencontrées dans la région étudiée, et non celle publiée plus récemment par ces auteurs (Reboulet et al. 2014).

L'expérience a montré que ce travail, qui nécessite plusieurs dizaines d'heures de manipulation et d'examen par échantillon est la seule façon d'obtenir, d'une part, un éventail significatif de l'association présente et, d'autre part, des sections caractéristiques des diverses espèces d'orbitolinidés qui la composent. Un exemple extrêmement démonstratif en est donné dans la littérature par Bernaus (1998) et Becker (1999). Ces deux auteurs ont travaillé sur la coupe d'Organyà (Pyrénées catalanes) au même endroit, à une année d'intervalle : dans la même portion de coupe, Bernaus (1998) et Bernaus et al. (2000) n'ont identifié qu'une seule espèce d'orbitolinidé (par ailleurs sans signification biostratigraphique), alors que Becker (1999 : fig. 11a) a déterminé 13 taxa (Conrad et al. 2004). En outre, Becker

(1999) a illustré ses déterminations par une quinzaine de photos pour les espèces les plus significatives de cette portion de la coupe d'Organyà.

Dans les niveaux hémipélagiques immédiatement sous-jacents aux faciès bioclastiques (Pic de l'Oeillette, Grands Goulets, Pas de l'Essaure, Pont de Laval, etc.) tout comme dans les niveaux marneux au sein de la formation des Calcaires urgoniens, des prises d'une dizaine de kilos ont été nécessaires pour obtenir, après lavage, des résidus suffisamment riches en microfaune.

2.3.2. Nouvelle biostratigraphie des orbitolinidés: ce travail

Dans une première note sur la «*répartition biostratigraphique des orbitolinidés dans la biozonation à ammonites de l'Hauterivien supérieur et du Barrémien basal du Sud-Est de la France*», Clavel et al. (2010) ont proposé une nouvelle répartition des orbitolinidés, identifiés en des coupes où ils sont accompagnés, encadrés ou surmontés par des ammonites. Un travail identique sur l'ensemble du Barrémien paraîtra prochainement (Clavel et al. 2015, sous presse).

Il ressort de ces études que toutes les espèces d'orbitolinidés reconnues jusqu'ici comme «marqueurs» du Barrémien supérieur ou du Bédoulien (Arnaud-Vanneau 1980, Arnaud 1981, Arnaud et al. 1998, Arnaud 2005a, Bastide et al. 2010, 2012) apparaissent au Barrémien basal, voire à l'Hauterivien supérieur.

Granier et al. (2013) ont étudié et échantillonné à L'Estellon (Baronnies – Drôme), une coupe qui montre des coulées bioclastiques à orbitolinidés, issues de la plate-forme ardéchoise, intercalées dans des faciès à ammonites du Barrémien vocontien (Busnardo et al. 2013). A partir d'une centaine de kilos prélevés dans des calcarénites à orbitolinidés, ces auteurs ont repéré les sections orientées les plus significatives pour une détermination spécifique, selon les techniques décrites ci-dessus. Environ 5 m^2 ont été examinés à la binoculaire, ce qui correspond à la surface de 5750 lames minces classiques de 8,64 cm^2 chacune. Dans le contexte sédimentologique particulier qu'offre la coupe de l'Estellon (Granier et al. 2013), déjà bien connu grâce notamment aux travaux de Ferry (1976), les associations d'orbitolinidés ont pu être directement calibrées sur les zones d'ammonites de tout le Barrémien, entre les zones à Hugii et Giraudi (Fig. 5). Cette distribution des orbitolinidés confirme celle déjà publiée par Clavel et al. (2010, 2013)

Dépôt du matériel. Sauf indication contraire, les échantillons et lames minces sont déposés au Département de géologie et de paléontologie du Muséum d'Histoire naturelle de la Ville de Genève.

2.4. Dasycladales

Clavel et al. (2007: fig. 3a) ont publié la répartition stratigraphique de quelques dasycladales caractéristiques (Fig. 5). La poursuite de nos travaux nous a incité à réduire la liste de ces marqueurs pour la présente note: *Angioporella neocomiensis* et *Suppiluliumaella corbarica* sont strictement limitées à l'Hauterivien; présentes dans l'Hauterivien, trois espèces disparaissent respectivement dans les zones à Hugii (*Dissocladella hauteriviana*[1]) et Moutonianum du Barrémien inférieur (*Salpingoporella genevensis* et *Piriferella paucicalcarea*[2]). Ces conclusions diffèrent légèrement de celles de Masse (1993), Masse & Fenerci-Masse (2013) sans toutefois en modifier la signification globale (Hauterivien et Barrémien inférieur).

2.5. Dinokystes

Depuis plusieurs années, d'importantes recherches sur les dinokystes ont été entreprises par R. Jan du Chêne dans le Jura vaudois et le Vercors septentrional (Gorges du Nant); leurs résultats ne sont publiés que partiellement.

Dans l'Urgonien jaune des carrières d'Eclépens et de La Sarraz (Jura vaudois), Jan du Chêne (*in* Clavel et al. 2007: 1037-1038; 1061, pl. 7) a identifié et illustré: *Rhynchodiniopsis cladophora, Aprobolocysta eilema, A. neistosa, Cribroperidinium confossum, Cymososphaeridium validum, Muderongia tomaszowensis, M. tetracantha, M. tabulata, M. crucis, Pareodinia sp. 1, Batioladinium varigranosum*. Cette association caractérise l'Hauterivien supérieur, ce qui est en accord avec les diagnoses faites par P. Hochuli sur des échantillons d'Urgonien jaune prélevés dans les carrières d'Eclépens par Godet (2006: 70).

A la base des Calcaires urgoniens des Gorges du Nant (Vercors septentrional), un assemblage de dinokystes comprenant *Cribroperidinium confossum*, *Cymososphaeridium validum* et *Muderongia tomaszowensis* (détermination R. Jan du Chêne, *in* Clavel et al. 2007: 1034) permet de confirmer l'âge Hauterivien supérieur à des niveaux qui nous avaient fourni, pour la première fois, des orbitolinidés caractéristiques de cet âge (Clavel et al. 2007: 1034).

2.6. Nannofossiles

Clavel et al. (2007: 1038) attribuent les associations de nannofossiles de l'Urgonien jaune des carrières de La Sarraz et d'Eclépens (Jura vaudois) à l'Hauterivien supérieur.

[1] espèce attribuée au genre *Deloffrella* par Granier (2013b).
[2] espèce attribuée au genre *Clypeina* par Granier (2013a).

D'un point de vue chronologique, c'est suite aux résultats d'une étude préliminaire inédite (en février 2006) sur les nannofossiles de l'Urgonien jaune de ces deux mêmes carrières par E. Erba qu'une nouvelle expertise a été menée sous la responsabilité d'A. Strasser (*in* Godet 2006: 372-373), alors Conseiller de Recherches au Fonds national suisse de la Recherche scientifique. En présence de collègues des universités de Genève et de Lausanne, il a récolté 8 échantillons qu'il a préparés en vue d'une détermination spécifique et qu'il a envoyés à trois spécialistes, sans leur préciser l'emplacement des prélèvements (« *blind test* »).

Les trois spécialistes de Milan (E. Erba), de Paris (S. Gardin) et de Neuchâtel (E. de Kaenel), que nous remercions d'avoir bien voulu accepter de faire l'expertise, n'ont observé d'espèce remaniée dans aucun des 8 échantillons (rapport E. de Kaenel du 06.05.2006, *in* Godet 2006: 375-380). Pour E. Erba (rapport de juin-juillet 2006, *in* Godet 2006: 381-383), les nannofossiles de 6 échantillons ne permettent pas de leur attribuer un âge précis (Valanginien à Barrémien) en raison de la mauvaise conservation des nannofossiles. En revanche 2 échantillons lui ont livré des espèces caractéristiques de l'Hauterivien: l'un avec *Tegulalithus septentrionalis*, l'autre avec une association composée de *Eiffellithus striatus, Crucibiscutum salebrosum, C. neuquenensis, Clepsilithus maculosus*. Quant à S. Gardin, elle confirme, malgré le mauvais état de conservation de certains échantillons, l'âge Hauterivien (et même « *Late Hauterivian* »; rapport 2006, *in* Godet 2006: 384-386) pour 5 échantillons dans lesquels cette spécialiste a reconnu: *Tegulalithus septentrionalis, Rucilnolithus windleyae, Calcicalathina oblongata, Lithraphidites bolli, Crucibiscutum salebrosum, C. trilensis, Tegumentum octiformis, Corollithion silvaradion, Nannoconus cornuta, Speetonia colligata.*

L'étude des nannofossiles de l'Urgonien jaune des carrières de La Sarraz et d'Eclépens (Jura vaudois) démontre donc, sans ambiguité, l'âge Hauterivien supérieur de cette formation, comme l'avaient écrit Clavel et al. (2007).

2.7. Charophytes et pollens

Clavel et al. (2002) identifient trois discontinuités émersives – érosives dans les niveaux historiquement attribués aux Couches inférieures à orbitolines (CIO). Les flores de charophytes qui leur sont liées, permettent à Martin-Closas et al. (2009) de différencier les palynozones à Triquetra (Barrémien inférieur – au Pas du Frou) et Cruciata (Barrémien supérieur – Aptien basal – CIO de toutes les coupes). *Atopochara trivolvis triquetra* (« forme typique ») et *Hemiclavator neimongolensis posticecaptus* caractérisent notamment la palynozone à Triquetra, tandis que *Ascidiella cruciata*, *Pseudoglobator paucibracteatus, Atopochara trivolvis triquetra* (« forme évoluée ») définissent la palynozone à Cruciata.

Les conclusions biostratigraphiques tirées des charophytes identifiés à cette occasion dans la coupe de Berland (Chartreuse) confirment pleinement les corrélations établies entre leur niveau et la partie inférieure des CIO de la coupe voisine des Gorges du Frou (mais sur l'autre flanc d'un chevauchement) par Orsat (1991).

3. Géochimie

Les courbes du $\delta^{13}C$ et $\delta^{18}O$ établies tout récemment par Weissert dans la coupe de l'Estellon démontrent:

- la similitude des valeurs et des tendances dans les intervalles du Barrémien échantillonnés à l'Estellon (Weissert, communication écrite 2014) et à Angles (Wissler et al. 2003, Bodin et al. 2005, Godet 2006): les valeurs du Barrémien inférieur sont toutes inférieures à 1,88‰, celles du Barrémien supérieur sont toutes supérieures à 1,88‰;
- la présence conjointe d'orbitolinidés réputés jusqu'à présent caractéristiques du Barrémien supérieur – Aptien inférieur par bon nombre d'auteurs et de valeurs isotopiques représentatives du Barrémien inférieur.

Nous remarquerons d'autre part que des données de géochimie relatives à la plate-forme urgonienne publiées par divers auteurs sont en parfait accord avec les conclusions que nous obtenons à partir des données biostratigraphiques:

- la succession croissante des valeurs du $^{87}Sr/^{86}Sr$ établies à Eclépens (Jura vaudois) par Godet et al. (2011) les situe dans l'intervalle Ligatus-Balearis-Ohmi (Hauterivien supérieur) de la courbe de référence de McArthur et al. (2001, 2004), selon Charollais et al. (2013);
- les mesures de K-Ar obtenues à partir de grains de glauconie de l'Urgonien jaune de cette même coupe présentent une valeur moyenne de 130.7 Ma, qui correspond à la zone à Ligatus (Charollais et al. 2013);
- de même, la courbe du $^{87}Sr/^{86}Sr$ établie par Huck et al. (2011: fig. 5) pour la partie inférieure des Calcaires urgoniens de la coupe de Cluses (Bornes), est marquée par une succession décroissante de valeurs correspondant au Barrémien supérieur de la courbe de référence de McArthur et al. (2001, 2004). Il faut noter que la coupe étudiée et figurée, présentée à tort par ses auteurs comme représentant l'ensemble de la

coupe de l'Urgonien de Cluses, n'en représente que la partie supérieure : les niveaux attribués au Barrémien supérieur par la courbe de référence du $^{87}Sr/^{86}Sr$ sont en fait ceux qui étaient déjà considérés comme Barrémien supérieur par Trabold (1996) et Charollais et al. (1998).

4. Stratigraphie séquentielle

4.1. Remarques préliminaires

Nous considérons biostratigraphie et stratigraphie séquentielle comme absolument nécessaires et indissociables dans le travail de datation d'une quelconque étude de terrain.

Le modèle de stratigraphie séquentielle auquel nous nous référons est le modèle EXXON, développé par P. Vail et al. (1977, 1991 notamment), dont les concepts et définitions ont été récemment actualisés et précisés par Catuneanu et al. (2011).

Nous en rappelons ici la terminologie et ses abréviations : HST (Highstand Systems Tract : cortège de haut niveau marin), TST (Transgressive Systems Tract : cortège transgressif), LST (Lowstand Systems Tract : cortège de bas niveau marin), TS (Transgressive surface : Surface de transgression), SB (Sequence Boundary : limite de séquence), mfs (maximum flooding surface : surface d'inondation maximale).

L'usage de la stratigraphie séquentielle appelle les considérations suivantes :

- le découpage séquentiel amorcé dans les coupes stratotypiques ne peut être contrôlé et validé que par la reconnaissance de ses discontinuités significatives le long de transects bassin – talus – plate-forme, ce qui implique nécessairement la datation biostratigraphique des dites discontinuités tout au long des dits transects ;
- à l'échelle de la région considérée – le bassin vocontien et ses bordures – sur une marge passive de la Téthys, l'enregistrement des variations du niveau marin relatif peut être considéré homogène, en l'absence de perturbations tectoniques locales (identifiables sur les transects) ;
- les variations du niveau relatif provoquent le déplacement des milieux de sédimentation, et donc leur modification en un lieu donné. Les trois cortèges de dépôt constitutifs d'une séquence complète traduisent ces variations (Fig. 6) : les cortèges de haut niveau (HST) et de bas niveau (LST) sont séparés par la limite de séquence (SB) qui marque la brusque accélération de la chute du niveau relatif ; l'inversion de cette tendance débute avec la surface de transgression (TS), base du cortège transgressif (TST) dont la surface d'inondation maximale (mfs) marque l'apogée avec le retour de la tendance régressive du HST. Le système alternatif « Transgressif/Régressif », actuellement souvent utilisé, fait débuter les séquences avec la surface de transgression et réunit HST et LST ;
- la notion de cortège de dépôt (= « systems tract ») permet une illustration aisée de l'installation de la plate-forme en domaine hémipélagique : la progradation induite par la baisse du niveau relatif déplace les dépôts vers des domaines auparavant plus profonds (plate-forme interne sur plate-forme externe, plate-forme externe sur talus) ; les premiers calcaires à coraux et rudistes s'installent donc nécessairement par un cortège de bas niveau (LST), épisode le moins profond de la

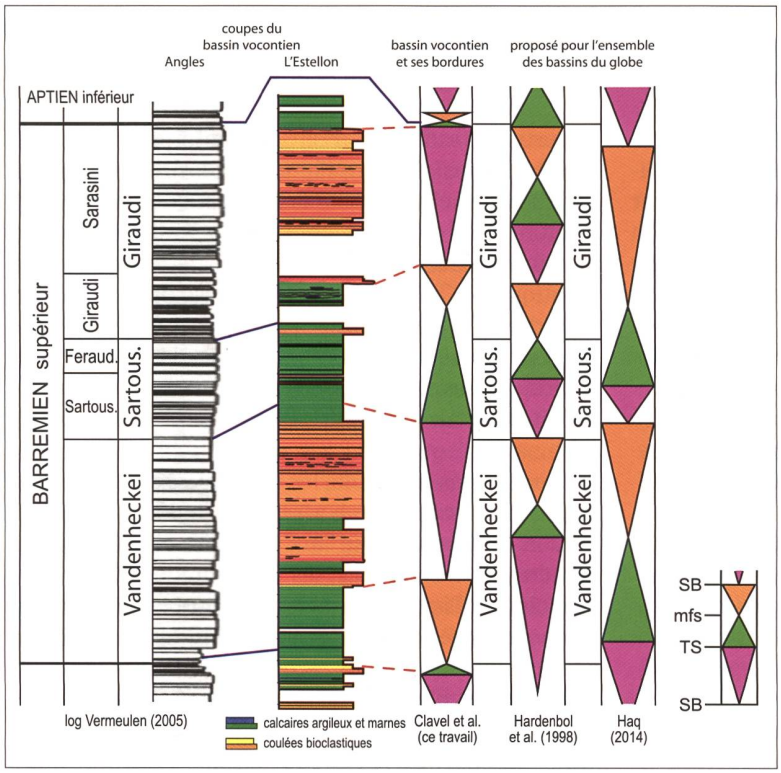


Fig. 6. Les différences notoires entre les découpages séquentiels proposés pour le bassin vocontien (Clavel et al. ce travail) et pour l'ensemble du globe (Hardenbol et al. 1998, Haq 2014) démontrent que les variations eustatiques ne sont pas synchrones d'un bassin à l'autre. L'application des modèles généraux aux coupes du Sud-Est de la France ne se justifie donc pas comme en témoigne ici la coupe de l'Estellon, où les coulées bioclastiques massives dans le bassin correspondent à des TST et HST selon Hardenbol et al. (1998) ou Haq (2014).

séquence ; la plate-forme interne une fois installée est ensuite émergée lors des prochaines périodes de bas niveau, ce qui se traduit alors, et alors seulement, par la confusion des deux discontinuités significatives SB et TS ;

- la correspondance biozones d'ammonites – cortèges de dépôt, établie dans les coupes stratotypiques, n'est validée que par sa vérification jusqu'en plate-forme interne. Ammonites et organismes benthiques sont communément associés en domaine de talus et de bordure de plate-forme externe : ils permettent la construction de transects où les divers cortèges sont corrélables du bassin à la plate-forme interne ;
- le tableau de répartition stratigraphique des orbitolinidés publié et régulièrement mis à jour par Clavel et al. (2009, 2010, 2013, 2015 sous presse, ce travail : fig. 5) précise l'extension des espèces dans la biozonation des ammonites et dans la succession séquentielle : il est ainsi possible de connaître le contenu faunique de chaque cortège de dépôt. On y remarquera que la majorité des attributions basées sur la présence d'ammonites (Fig. 5 : tirets bleus) se situent en toute logique dans des LST de talus et plate-forme externe) et les TST de plate-forme interne.

4.2. De la stratigraphie séquentielle à l'identification de biozones en domaine de plate-forme : l'exemple de la zone à Ohmi

Le schéma séquentiel qui nous permet de proposer l'attribution à des zones d'ammonites précises des divers niveaux de coupes de la plate-forme interne, malgré l'absence des céphalopodes, repose sur trois phases successives :

- identification des différents cortèges de dépôt de la coupe étudiée ;
- datation des dits cortèges de dépôt par leur contenu faunique et phycologique ;
- insertion des cortèges identifiés et datés le long du profil bassin – plate-forme.

La figure 7 illustre un des profils permettant de reconnaître l'Hauterivien et notamment d'identifier plus précisément la zone à Ohmi, du bassin vocontien (Angles, Vergons) à la plate-forme interne jurassienne (Rocher des Hirondelles, Eclépens) :

- la limite Hauterivien – Barrémien, définie par un encadrement d'ammonites, se situe au niveau de la surface d'inondation maximale (*mfs*) de la dernière séquence hauterivienne – Ha7 – identifiée dans l'hypostratotype de l'Hauterivien (Vergons) aussi bien que dans le stratotype du Barrémien (Angles) ;
- dans ces deux coupes de référence, la zone à Ohmi est constituée du cortège de haut niveau (HST) de la séquence Ha6, du cortège de bas niveau (LST) et du cortège transgressif (TST) de la séquence Ha7 : ses limites inférieure et supérieure correspondent donc à des *mfs* ;
- cette même biozone à Ohmi, définie par des ammonites caractéristiques dans les coupes de Pont de Laval et des Grands Goulets, recèle de nombreux orbitolinidés et des algues dont plusieurs espèces n'ont jamais, pour l'instant, été rencontrées dans le Barrémien ;
- les orbitolinidés et les dasycladales caractéristiques de l'Hauterivien supérieur, peu fréquents au sommet de l'Hauterivien en domaine de talus – plate-forme externe deviennent très communs à la base des coupes de plate-forme interne du Vercors nord, de la Chartreuse, des Bornes, du Jura méridional et dans la totalité des faciès urgoniens du Jura suisse (les termes « externe » et « interne » étant pris dans le sens paléoenvironnemental, et non pas dans leur signification paléogéographique). La zone à Ohmi se termine par exemple avec la *mfs* contemporaine de la dernière apparition des associations hauteriviennes et débute au niveau de la *mfs* de la séquence sous jacente ;
- une fois la plate-forme interne installée, le non-dépôt du LST entraîne la superposition de deux discontinuités caractéristiques, limite de séquence (SB) et surface de transgression (TS) : chaque séquence est alors limitée par deux surfaces de transgression, généralement aisément identifiables ;
- le modèle de transect présenté à la figure 7 rend compte des faits observés sur le terrain et inclut les données biostratigraphiques connues au moment de son établissement. Il peut être à tout moment complété et précisé sur la base de données nouvelles dont il peut lui-même suggérer la recherche : ainsi les deux discontinuités à charophytes que nous avons identifiées au sein de l'ensemble jusque là réputé homogène des Couches inférieures à orbitolines (Clavel et al. 2002) l'ont été en raison de séquences présentes dans le bassin et en Bas-Vivarais mais non encore reconnues dans les massifs subalpins septentrionaux.

5. Etapes de la progradation de la plate-forme urgonienne jurassienne et ardéchoise

A partir de transects bassin – plate-forme, on observe que les faciès oligotrophiques photozoaires à coraux et rudistes constitutifs des *Calcaires urgoniens* (plate-forme interne) font place en direction du bassin à des faciès mésotrophiques hétérozoaires bioclastiques – *Calcaires de Glandasse* dans le Vercors méridional (plate-forme externe), puis hémipélagiques (talus), illustrant la « loi des faciès » de Walther (Clavel et al. 1986, 1995, 2007, 2013, ce travail ; Charollais et al. 2001, 2003 ; Granier et al. 2014).

Le long de ces transects, les corrélations reposent sur la reconnaissance des cortèges de dépôt et leur attribution stratigraphique aux diverses biozones d'ammonites. Les échinides, les orbitolinidés et les dasycladales présents dans chaque coupe de la plate-forme interne forment des associations qui peuvent être comparées à celles reconnues dans les coupes de bordure de plate-forme, où elles se trouvent fréquemment associées à des ammonites caractéristiques (Fig. 5).

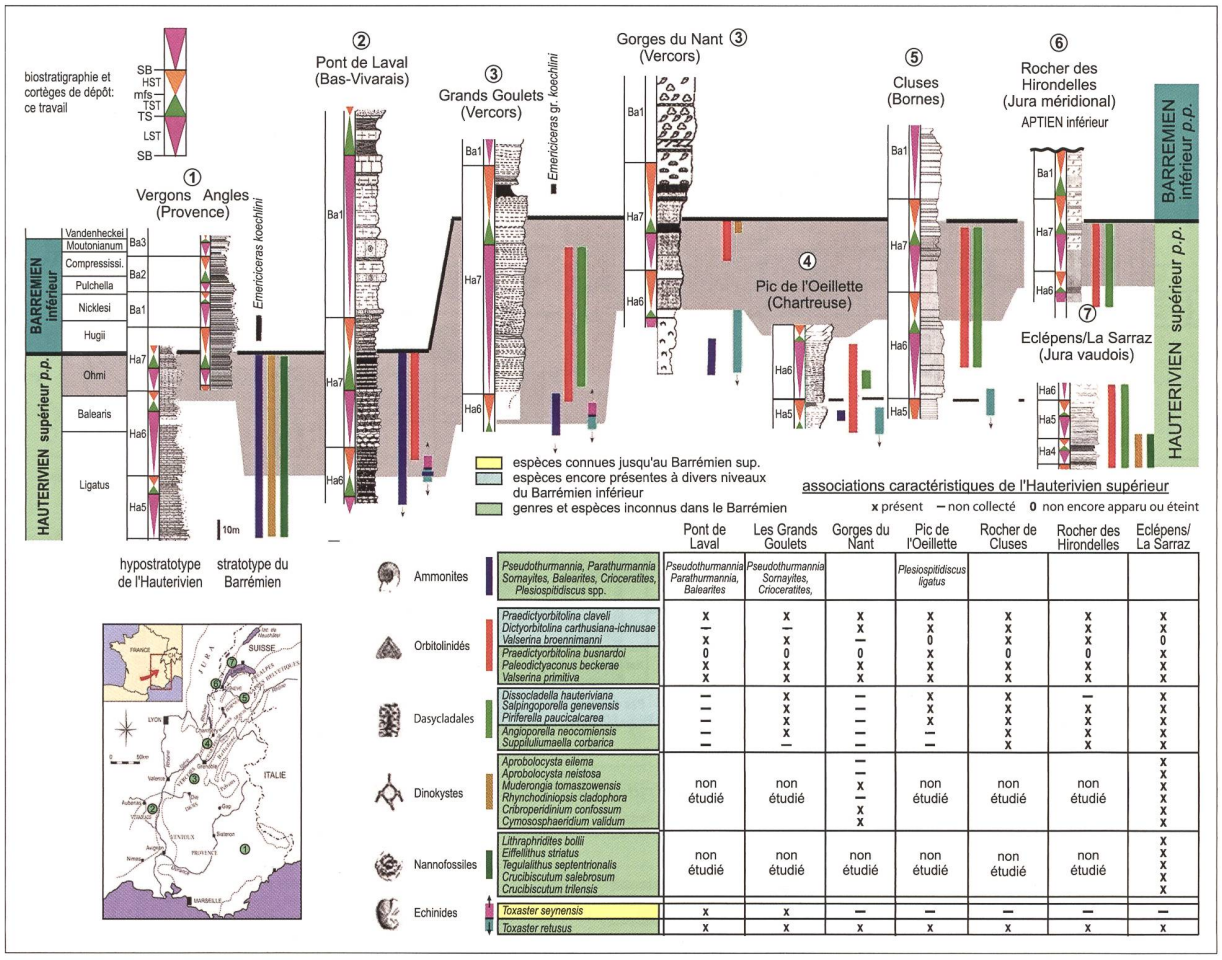


Fig. 7. Transect entre le bassin vocontien (Angles, Vergons) et la plate-forme jurassienne (Jura vaudois). En grisé, zone à Ohmi. Ages, biostratigraphie, cortèges de dépôt, découpage séquentiel: Clavel et coauteurs (ce travail). Logs d'après Busnardo (1963, in *Clavel et al. 2010, inédit), Arnaud et al. (1998), Godet et al. (2010)*

Ces éléments permettent de reconnaître le caractère **progradant** de la mise en place des milieux de plate-forme et d'en définir clairement les différentes étapes qui sont illustrées ci-dessous à partir du découpage séquentiel et de l'inventaire paléontologique des coupes.

5.1. Du Jura vaudois au Vercors méridional

Sur un transect long de 200 km, la progradation des dépôts de plate-forme est particulièrement aisée à mettre en évidence (Fig. 8). Les coupes présentées ci-dessous (Figs. 9-15), à l'exception de celle de la Béguère, ont déjà fait l'objet de description et d'illustration (Clavel et al. 2007, 2010).

Les calcaires à rudistes, présents dans l'**Hauterivien supérieur** du Jura vaudois (Eclépens - Fig. 9) et méridional (Vallée de la Valserine - Fig. 10), apparaissent à la base du **Barrémien inférieur** dans la zone pré-subalpine (Clavel et al. 1987) de la Chartreuse (Pas du Frou - Pic de l'Oeillette - Fig. 11) et du Vercors septentrional (Gorges du Nant et Grands Goulets - Figs. 12-13), à la base du **Barrémien supérieur** dans certaines coupes du Vercors méridional (La Béguère - Fig. 14) et sont inconnus jusqu'au **sommet du Barrémien** en d'autres (Col de Rousset - Fig. 15).

Les dépôts bioclastiques externes sous-jacents, précisément datés par ammonites à leur limite inférieure, témoignent d'une progradation identique (**Hauterivien supérieur basal** dans le Jura franco-suisse, **Barrémien inférieur sommital** dans le Vercors méridional).

5.2. Du Bas-Vivarais au bassin vocontien

Le long de ce transect (Fig. 16), dont l'étendue réelle est réduite par des décrochements à un peu plus de 40 km, la progradation s'observe durant le Barrémien. Plusieurs des coupes (Figs. 17-23) qui le composent ont déjà été décrites et illustrées par Charollais et al. (1998), Schroeder et al. (2000), Clavel et al. (2007, 2009, 2010).

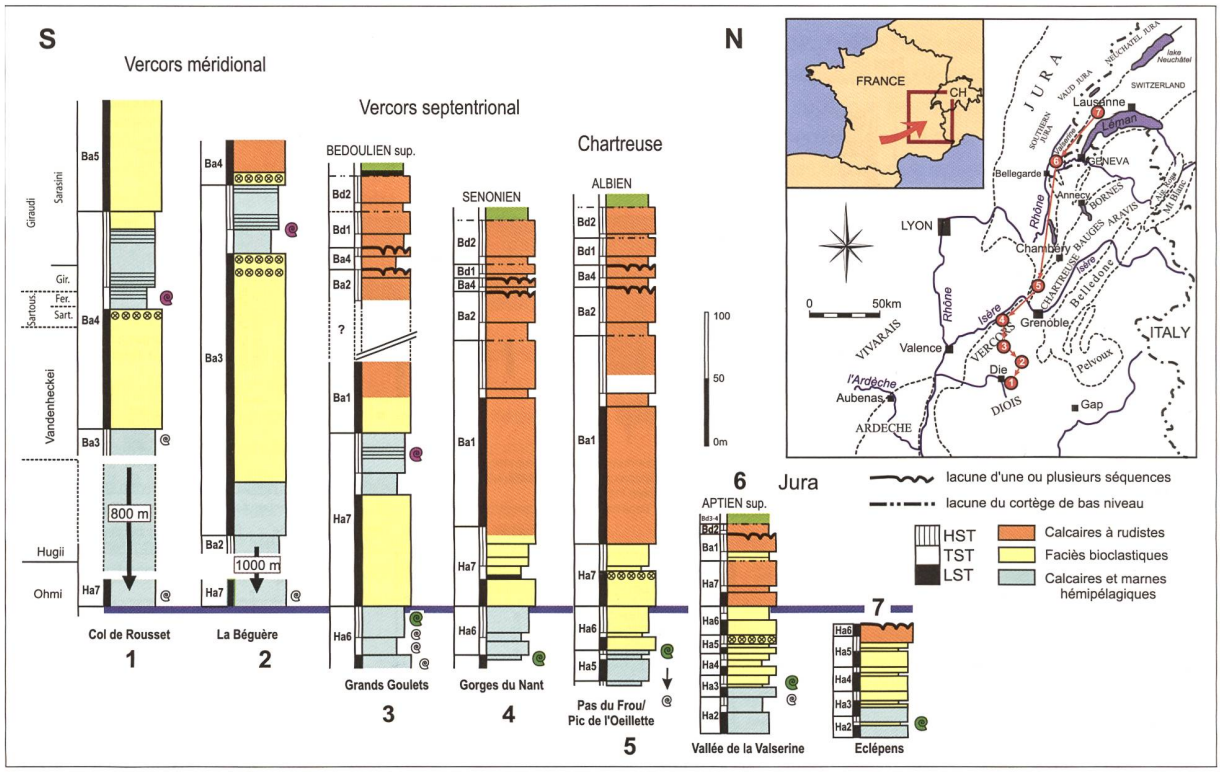


Fig. 8. Transect entre le Jura franco-suisse et le Vercors méridional illustrant la progradation du N au S. Niveau de référence: limite Ha6 – Ha7 (Hauterivien supérieur: zone à Ohmi)

A son extrémité occidentale, au Col de la Serre (Fig. 17), la séquence Ba1 recèle de très nombreux orbitolinidés considérés jusqu'à maintenant comme strictement limités à l'intervalle Barrémien supérieur élevé – Bédoulien inférieur par Arnaud et al. (1998) Arnaud (2005a). Malgré la présence conjointe d'orbitolinidés et de dasycladales caractéristiques du Barrémien basal, nous n'avions jamais évoqué ce fait jusqu'à présent : la découverte de ces mêmes espèces encadrées par des ammonites du **Barrémien inférieur** dans la coupe de bassin de l'Estellon (Fig. 23) par Granier et al. (2013) confirme définitivement l'appartenance de cette coupe au Barrémien basal.

A son autre extrémité, dans les coupes les plus proche du bassin (vallée de l'Ibie et Viviers), les dépôts de plate-forme apparaissent dans le **Barrémien supérieur basal.**

Les coupes intermédiaires du Serre de Tourre et de Pont de Laval correspondent aux figures 18 et 19. Deux des coupes de la figure 16 (Haut Baravon et vallée de l'Ibie) n'ayant pas été échantillonnées pour la microfaune, elles ne sont pas figurées ci-dessous : cette dernière est remplacée par la coupe de Viviers (Fig. 22), en même situation paléogéographique, dont les relations avec le Barrémien inférieur ne sont pas connues mais dont quelques orbitolinidés avaient été déterminés (Contensuzas 1980).

C'est également pour des raisons pratiques que la succession La Vignasse-Mas de Gras – St Montan-Imbourg est présentée en deux figures différentes (Figs. 20-21) : la liaison entre les faciès bioclastiques du Barrémien inférieur et les calcaires à rudistes du Barrémien supérieur, qui se fait par des marnes et calcaires hémipélagiques suivis de calcarénites rousses en surface structurale, est difficilement observable ; elle l'est beaucoup mieux à partir du sommet des niveaux hémipélagiques à ammonites affleurant à proximité immédiate de la base de la coupe de St Montan.

6. Observations de terrain : les olistolithes des Aravis

La progradation de la plate-forme urgonienne, dont le modèle décrit ci-dessus est basé sur des critères paléontologiques et séquentiels, est particulièrement observable et évidente au regard de certains affleurements des chaînes subalpines septentrionales (Bornes internes – Aravis). En 1967, Charollais et al. signalent (p. 65-66, fig. 1) des lentilles de calcarénites d'une épaisseur d'ordre métrique, à faciès urgonien à orbitolinidés, au sein de faciès hémipélagiques riches en éponges, brachiopodes, échinides (*Toxaster* sp.), dans la chaîne des Aravis, dans la combe au SE de celle de Balme, sous la « falaise urgonienne ». Plus tard en 1978, Rivano-Garcia décrit

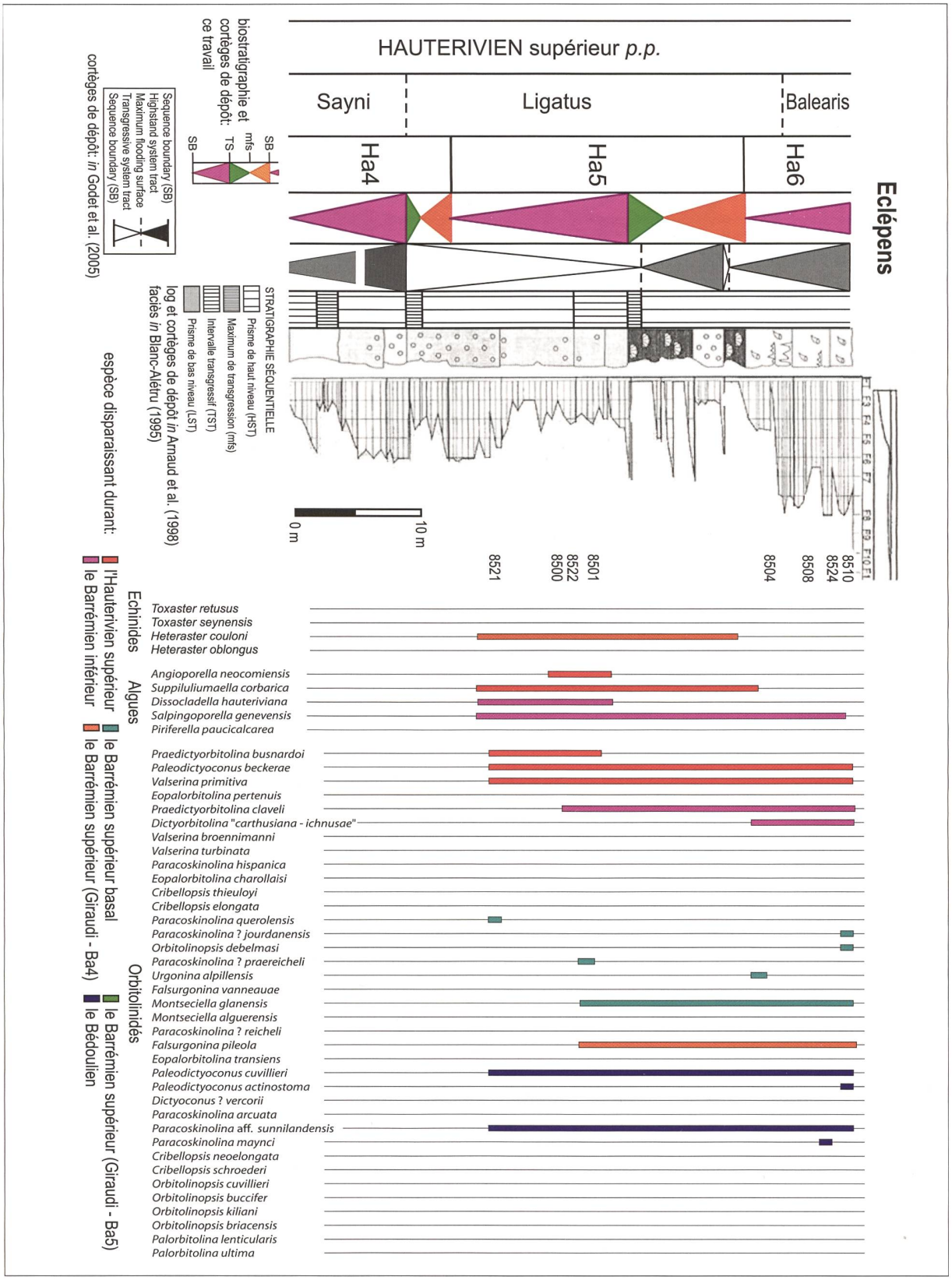


Fig. 9. Coupe de de la carrière d'Eclépens (Jura vaudois). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences et cortèges de dépôt: ce travail;
- cortèges de dépôt suivant Godet et al. (2005) et Arnaud et al. (1998); log lithologique: Arnaud et al. (1998); courbe de l'évolution des paléoenvironnements: Blanc-Alétru (1995);
- tableau de répartition des échinides, des algues (Pl. 5) et des orbitolinidés (Pl. 4): ce travail.

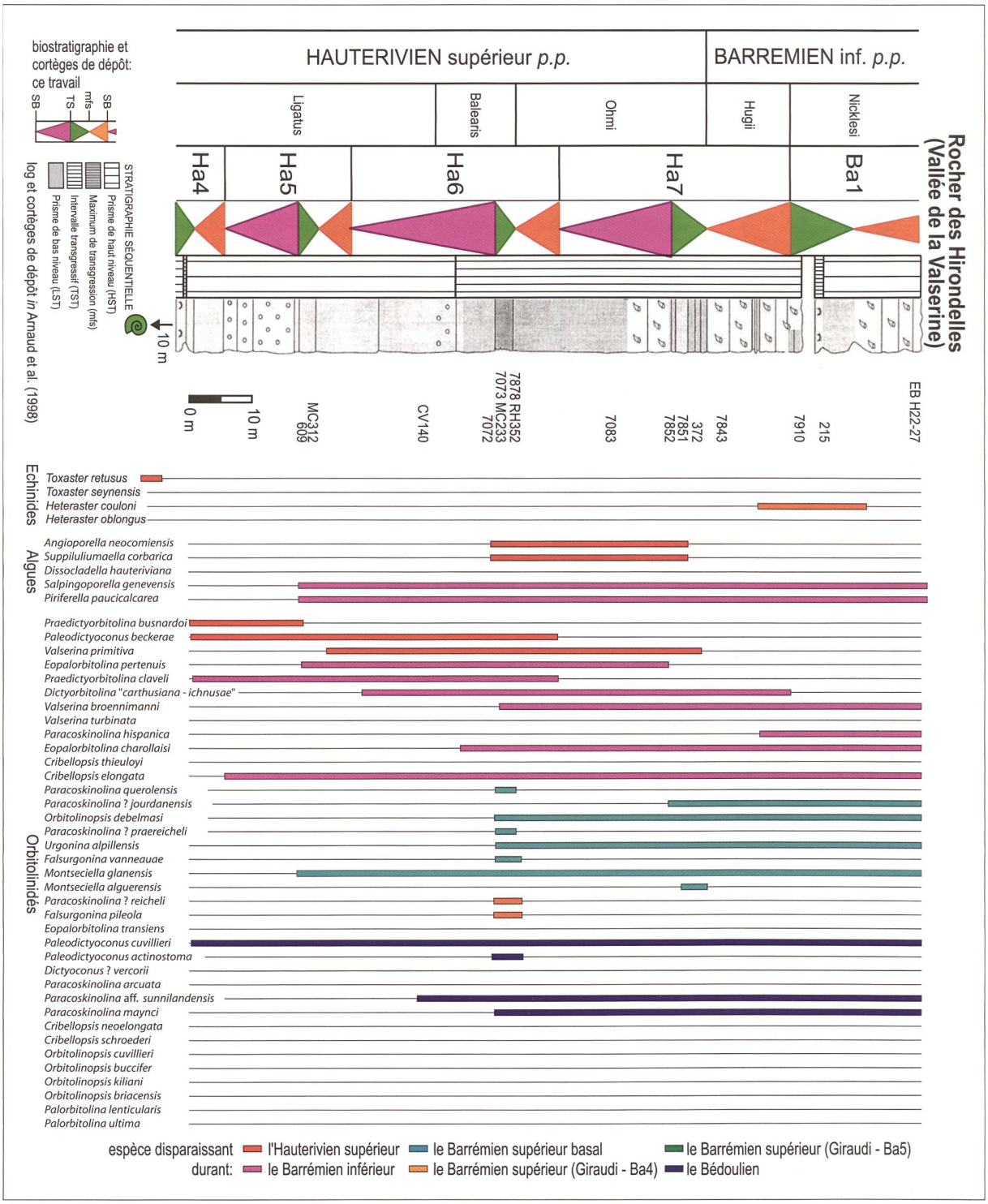


Fig. 10. Coupe du Rocher des Hirondelles (vallée de la Valserine, Jura méridional). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences et cortèges de dépôt: ce travail;
- cortèges de dépôt et log lithologique selon Arnaud et al. (1998);
*- numéros d'échantillons et position de l'ammonite – Pl. 1, fig. 1 – découverte par Mouty (1966), déterminée par R. Busnardo & J.-P. Thieuloy (1989), révisée par R. Busnardo (*in *Clavel et al. 2007)*[3]*;*
- tableau de répartition des échinides, des algues (Pl. 7) et des orbitolinidés (Pls. 6-7): ce travail.

[3] *Lyticoceras claveli* (Pl. 1, fig. 2a), collecté dans la partie supérieure de la «Pierre jaune supérieure» du Mont de Musièges (région genevoise) et déterminé par R. Busnardo et J.-P. Thieuloy (1989), est caractéristique de la partie sommitale de la zone à Nodosoplicatum de l'Hauterivien (Thieuloy et al. 1983).

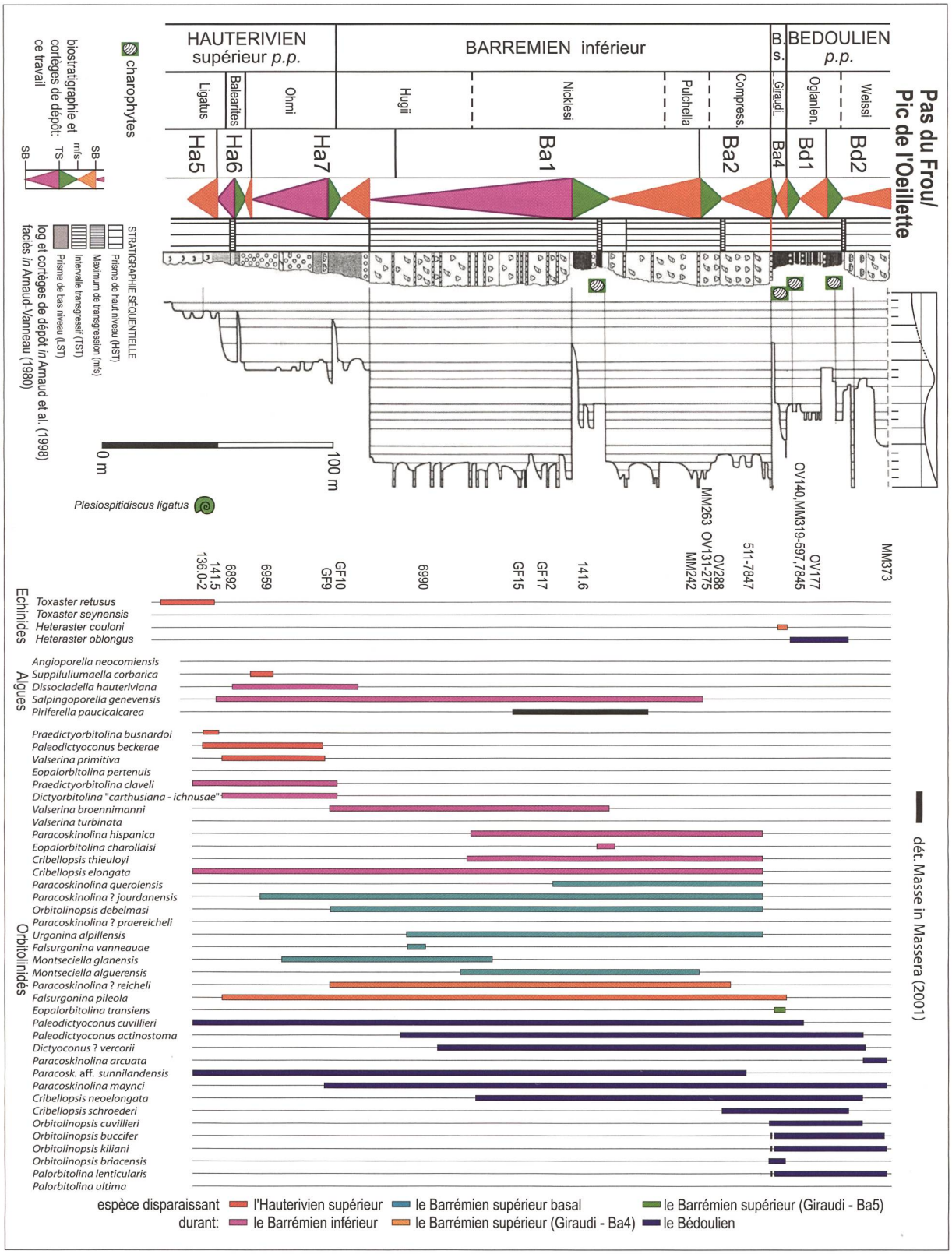


Fig. 11. Coupe du Pas du Frou – Pic de l'Oeillette (Chartreuse). De gauche à droite:

- âges, biozonation à ammonites, cortèges de dépôt et séquences: ce travail;

- cortèges de dépôt, log lithologique: Arnaud et al. (1998); courbe de l'évolution des paléoenvironnements: Arnaud-Vanneau (1980);

- position du Plesiospitidiscus ligatus *(Pl. 1, fig. 2b; dét. R. B.);*

- tableau de répartition des échinides, des algues (Pl. 9) et des orbitolinidés (Pls. 8-9): ce travail.

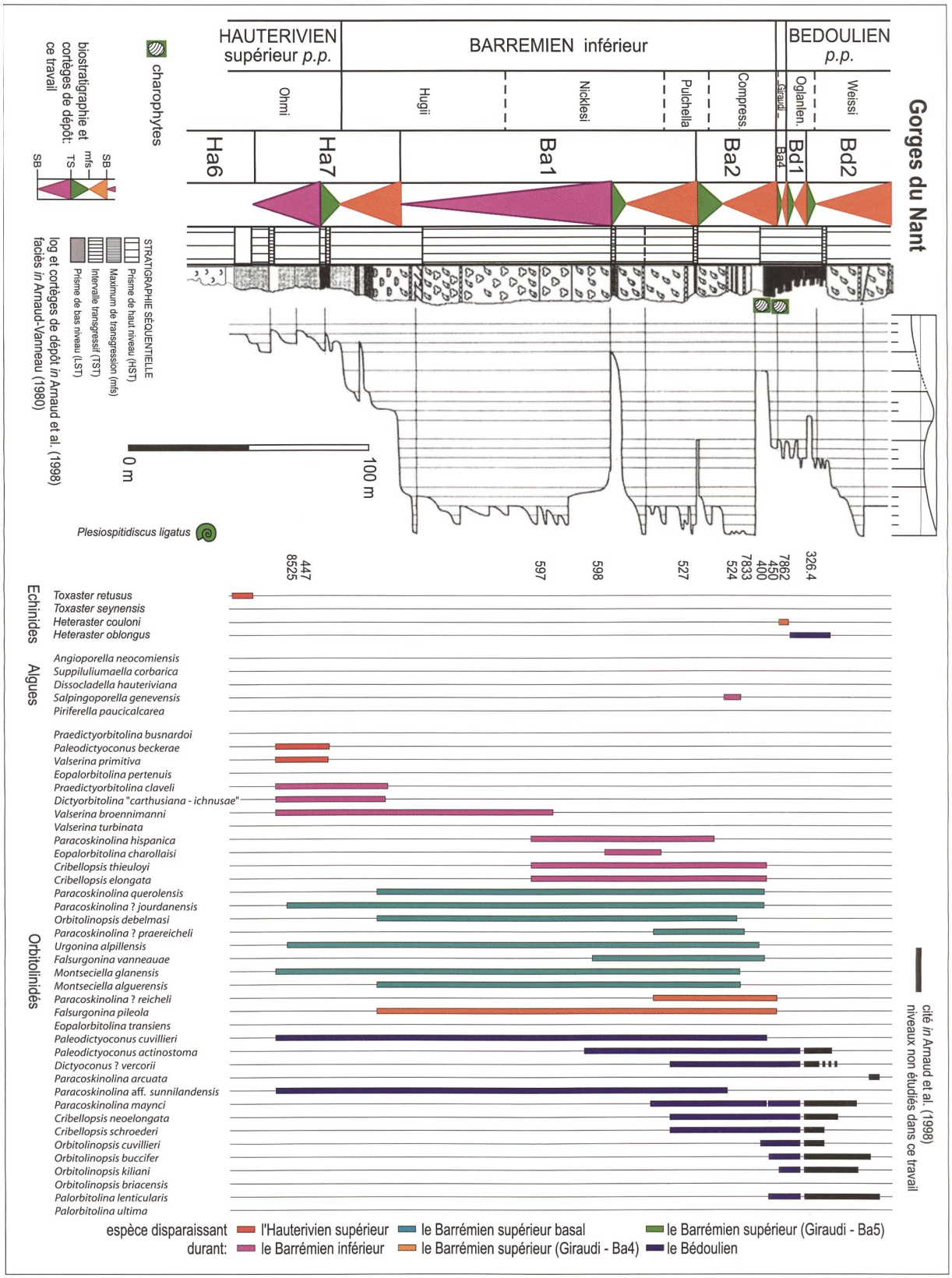


Fig. 12. Coupe des Gorges du Nant (Vercors septentrional). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences et cortèges de dépôt: ce travail;
- cortèges de dépôt, log lithologique (Arnaud et al. 1998); faciès et paléoenvironnements (Arnaud-Vanneau 1980);
- position du Plesiospitiscus ligatus *(Pl. 1, fig. 3, dét. J. Vermeulen);*
- tableau de répartition des échinides, des algues (Pl. 11) et des orbitolinidés (Pls. 10-11): ce travail.

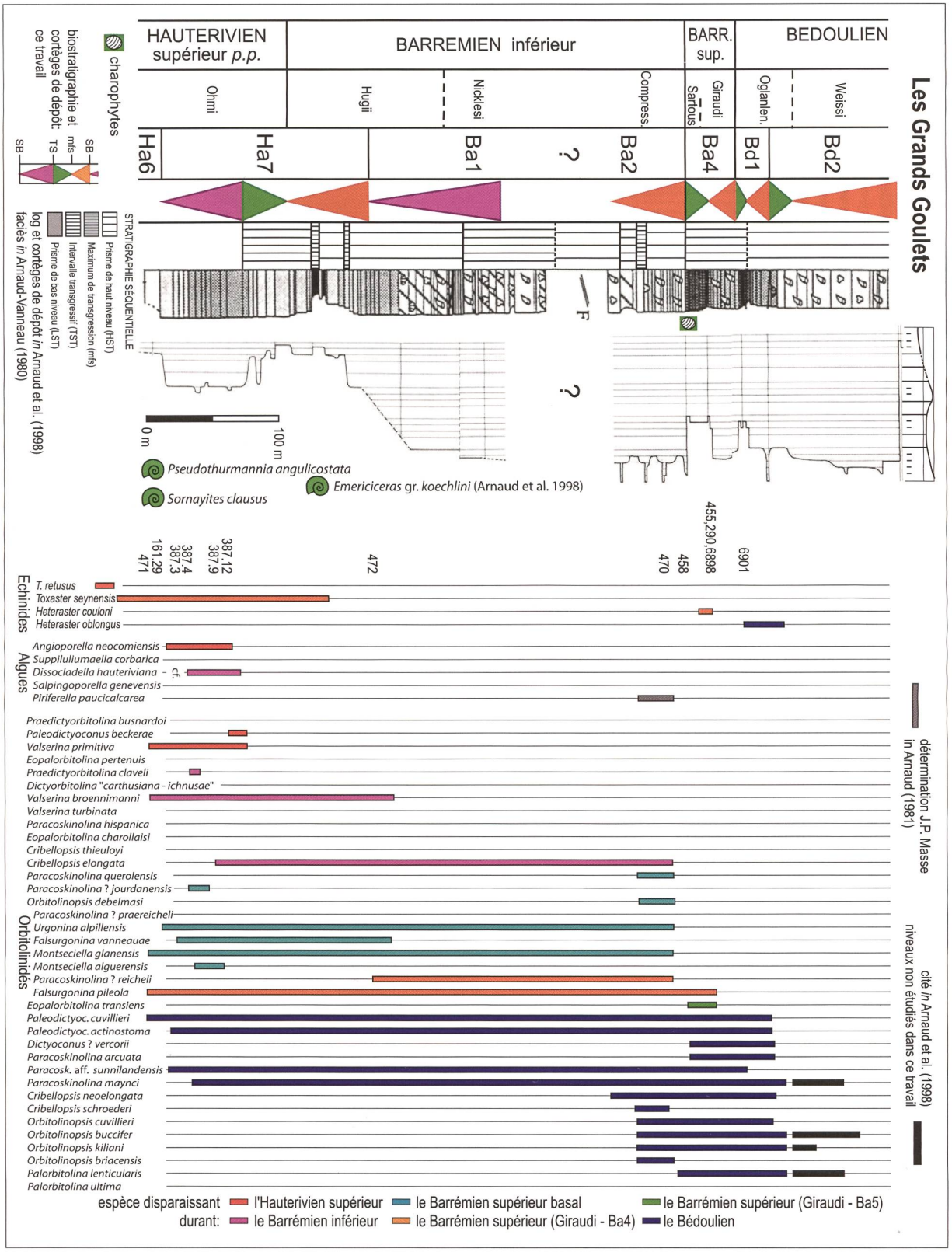


Fig. 13. Coupe des Grands Goulets (Vercors septentrional). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, cortèges de dépôt et séquences: ce travail;
- cortèges de dépôt, log lithologique: Arnaud et al. (1998); courbe de l'évolution des paléoenvironnements: Arnaud-Vanneau (1980);
- position des ammonites (Pl. 1, fig. 5 – citée par Arnaud et al. 1998); Pl. 1, figs. 4 & 6, dét. R. B.);
- tableau de répartition des échinides, des algues (Pl. 13) et des orbitolinidés (Pls. 12-13): ce travail.

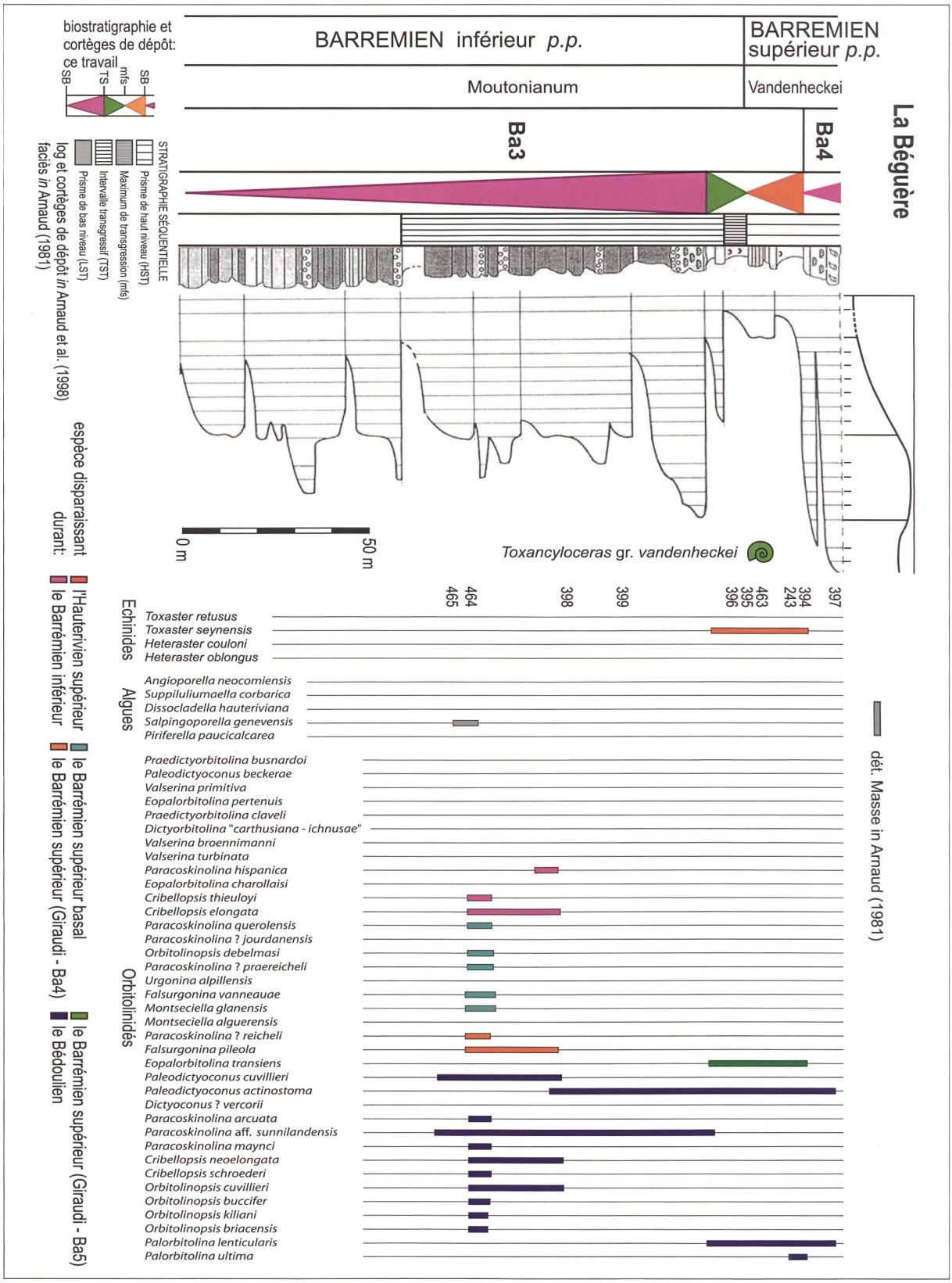


Fig. 14. Coupe de la Béguère (Vercors méridional). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences et cortèges de dépôt: ce travail;
- cortèges de dépôt, log lithologique: Arnaud et al. (1998); courbe de l'évolution des paléoenvironnements: Arnaud (1981);
- position du Toxancyloceras *gr.* vandenheckei *(Pl. 1, fig. 7; rév. R. B.);*
- tableau de répartition des échinides, des algues et des orbitolinidés (Pl. 14): ce travail.

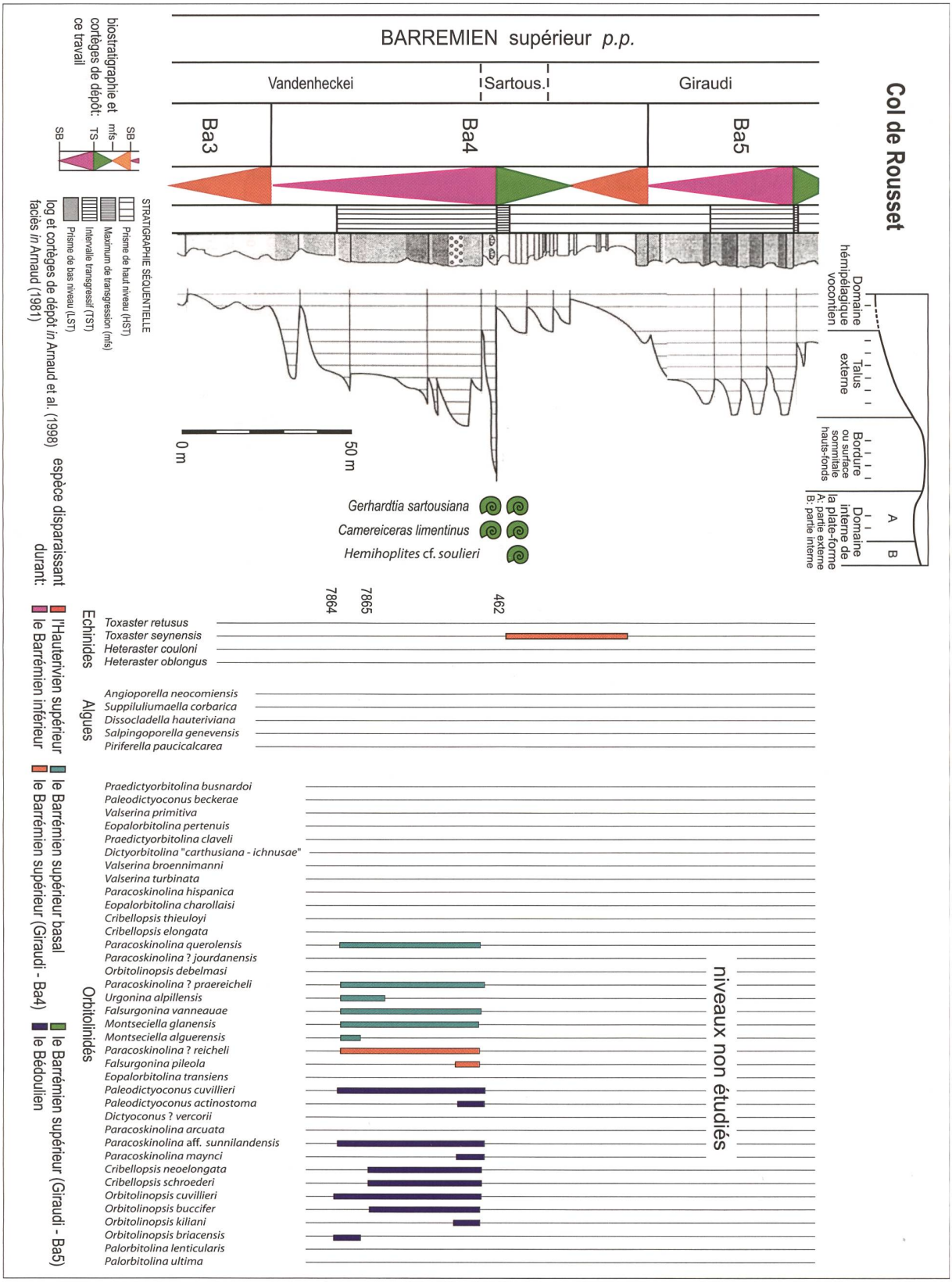


Fig. 15. Coupe du Col de Rousset (Vercors méridional). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences et cortèges de dépôt: ce travail;
- Cortèges de dépôt, log lithologique Arnaud et al. (1998), courbe de l'évolution des paléoenvironnements: Arnaud (1981);
- position des ammonites citées par Arnaud et al. (1998): Pl. 1, figs. 8-10;
- tableau de répartition des échinides, des algues et des orbitolinidés (Pl. 15): ce travail.

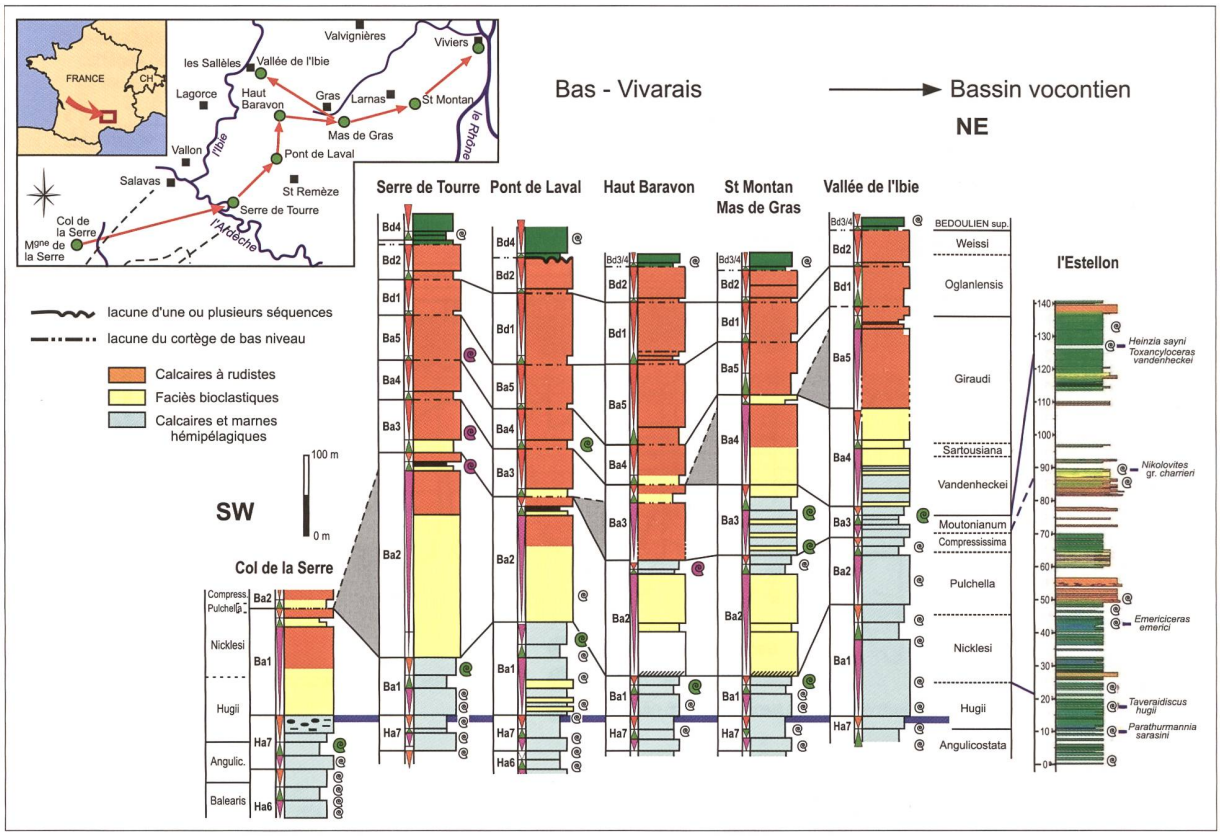


Fig. 16. Transect du Bas-Vivarais au bassin vocontien illustrant la progradation du SW au NE. Niveau de référence: limite Ha7 – Ba1 (Barrémien basal: zone à Hugii).

également «*une barre plus blanchâtre à la partie supérieure de l'Hauterivien, qui précède de quelque 30 à 50 m le début de l'Urgonien*»: cette barre correspond aux lentilles de calcarénites décrites dans la partie centrale de la chaîne des Aravis. A remarquer qu'à cette époque, dans les chaînes subalpines septentrionales, les faciès hémipélagiques renfermant les lentilles de calcaires à faciès urgonien étaient généralement attribuées à l'Hauterivien supérieur et la base de la falaise urgonienne au Barrémien inférieur (Charollais et al. 1969).

En 1982-83 Détraz et al. lèvent une carte géologique à 1/25 000 (inédite) de la partie septentrionale de la chaîne des Aravis (Détraz et al. 1984-1985) et mettent en évidence toute une série de lentilles à faciès urgonien emballées dans la partie supérieure des faciès hémipélagiques qui supportent la «falaise urgonienne» (Müller 1985, Détraz et al. 1986). Dès lors, ces lentilles font l'objet de nombreux travaux les uns à connotation plutôt tectonique (Gidon & Pairis 1993), d'autres à caractère plus sédimentologique (Spence 1991, 1996; Spence & Tucker 1992, 1997, 1999). D'autre part, dans le cadre d'une thèse sur les Calcaires urgoniens du domaine delphino-helvétique de Haute-Savoie, Trabold (1994, 1996) entreprend une étude micropaléontologique, sédimentologique et séquentielle approfondie de ces lentilles à faciès urgoniens, appelées mégablocs ou olistolithes selon les auteurs.

Charollais et al. (2009) reprennent l'étude de ces olistolithes de la chaîne des Aravis et des coulées bioclastiques qui leur sont associées, dans les Bornes internes et la chaîne des Aravis: ammonites, échinides et orbitolinidés leur permettent de situer ces olistolithes et coulées bioclastiques dans les cortèges de bas niveau (LST) des séquences Ha6 (zones à Ligatus [sommet] – Balearis [base]) et Ha7 (zone à Ohmi *pro parte*). Ces olistolithes et coulées bioclastiques correspondent au démantèlement de la bordure d'une ancienne plate-forme carbonatée progradante du NE vers le SW (Charollais et al. 2009: 46); un schéma de leur mise place est présenté sur la figure 24C.

7. Comparaison avec le domaine provençal: coupe d'Orgon

Notre modèle a été développé dans une région allant du Jura neuchâtelois au Bas-Vivarais. Sa comparaison avec le schéma proposé pour le domaine provençal par l'école marseillaise (Masse 1976 *et seq.*) révèle de

nombreuses similitudes – existence de calcaires à rudistes dès l'Hauterivien, progradation des faciès de plate-forme en direction du bassin durant l'Hauterivien et le Barrémien notamment – ainsi que des différences stratigraphiques d'une à deux biozones d'ammonites selon les régions étudiées.

Masse & Fenerci-Masse (2013) ont mentionné les orbitolinidés rencontrés dans les calcaires à rudistes sommitaux de la coupe d'Orgon (Alpilles), localité éponyme du terme « Urgonien ». Sous la dénomination *Calcaire d'Orgon*, ils sont divisés en trois unités : niveaux crayeux à *Agriopleura*, Membre du Château de Guise et Membre du Mont Plaisant.

Nous figurons ici (Fig. 25, pls. 29 et 30) l'inventaire des orbitolinidés que nous avons collectés dans les niveaux sous-jacents : établi à partir d'un échantillonnage important réalisé dans l'optique d'une étude purement paléontologique, il apparaît évidemment plus riche que celui publié par Masse (1976) dans le cadre d'une thèse consacrée à l'ensemble du domaine provençal. Mais sa teneur et l'évolution de ses associations sont identiques à celles rencontrées dans les régions septentrionales. Les orbitolinidés rencontrés au sommet des Calcaires urgoniens de Cassis-La Bédoule (Fig. 28) suggèrent les mêmes conclusions.

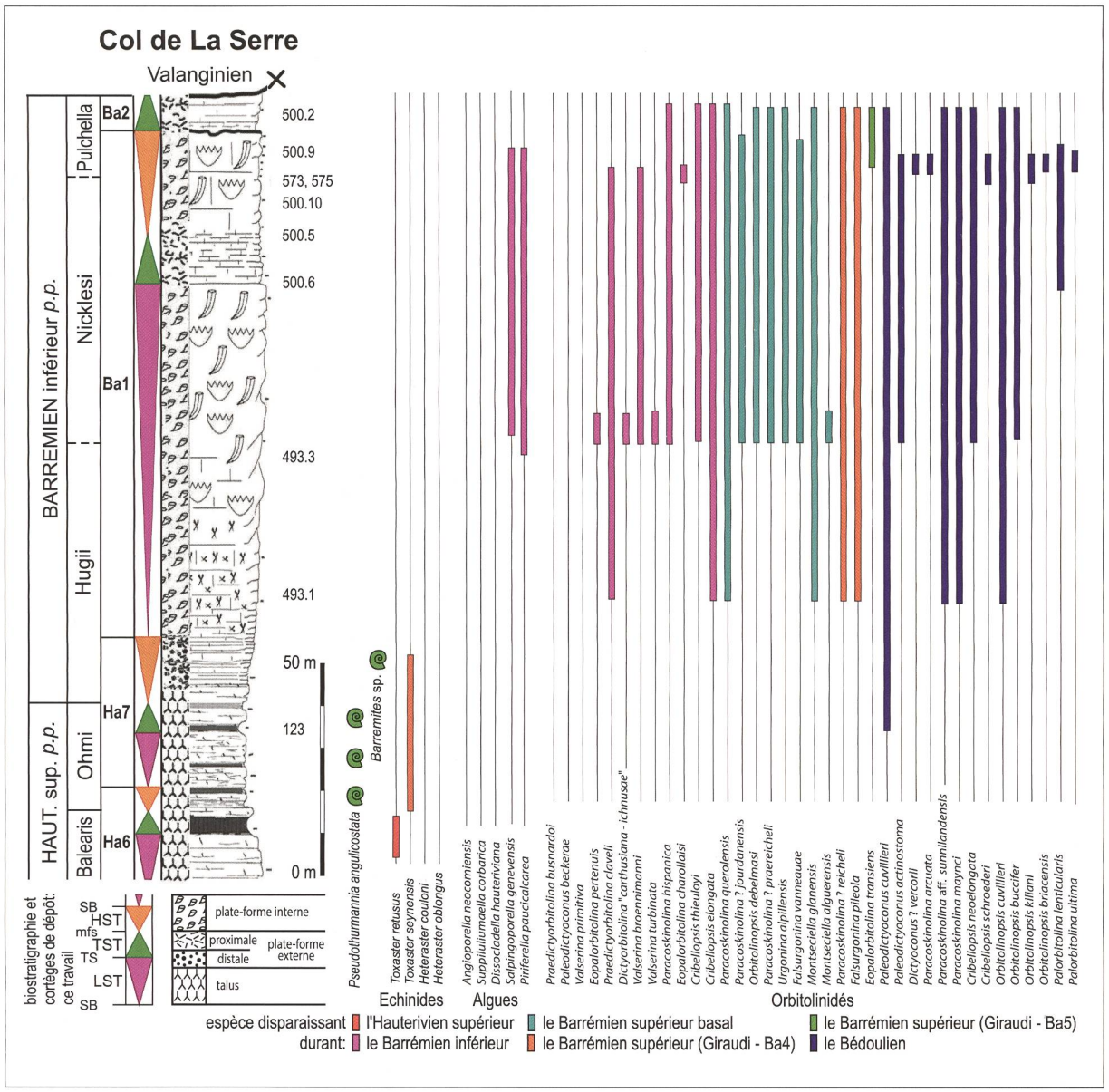


Fig. 17. Coupe du Col de la Serre (Bas-Vivarais). De gauche à droite:
- âges, biozonation à ammonites, séquences, cortèges de dépôt, faciès, log lithologique : ce travail ;
- position des ammonites (Pl. 2, fig. 11; dét. R. B.);
- tableau de répartition des échinides, des algues (Pl. 17) et des orbitolinidés (Pls. 16-18) : ce travail.