

# Examen critique du modèle de l'école neuchâteloise-lausannoise

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Archives des sciences [2004-ff.]**

Band (Jahr): **67 (2014)**

Heft 1

PDF erstellt am: **29.06.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

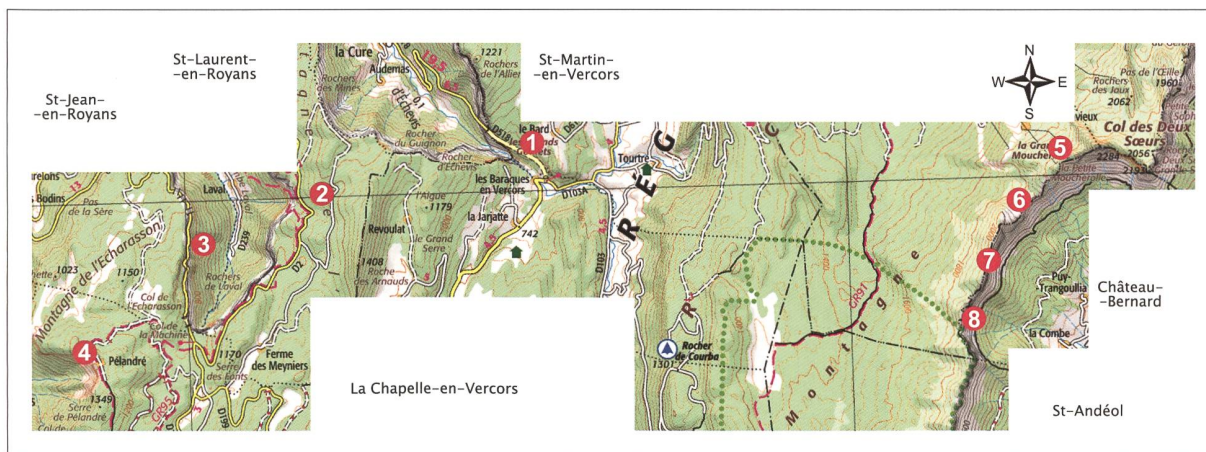


Fig. 34. Plan de situation des transects illustrés dans les Figs. 31 et 32. Ouest: 1- Les Grands Goulets, 2- Le Pas, 3- Combe Laval, 4- Serre de Pélandré; Est: 5- La Grande Moucherolle, 6- Pas de la Balme, 7- Rochers de la Balme, 8- Pas Errnandant. Fond topographique © www.geoportail.fr & IGN - Institut 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 émergitive 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 gullyng of underlying limestone or by a very rarely preserved thin level of Characae micrite above he erosion surface (Chartreuse).*<sup>5</sup> »

#### ■ 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).

<sup>5</sup> « l'émergence au sommet de la parasequence 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) »

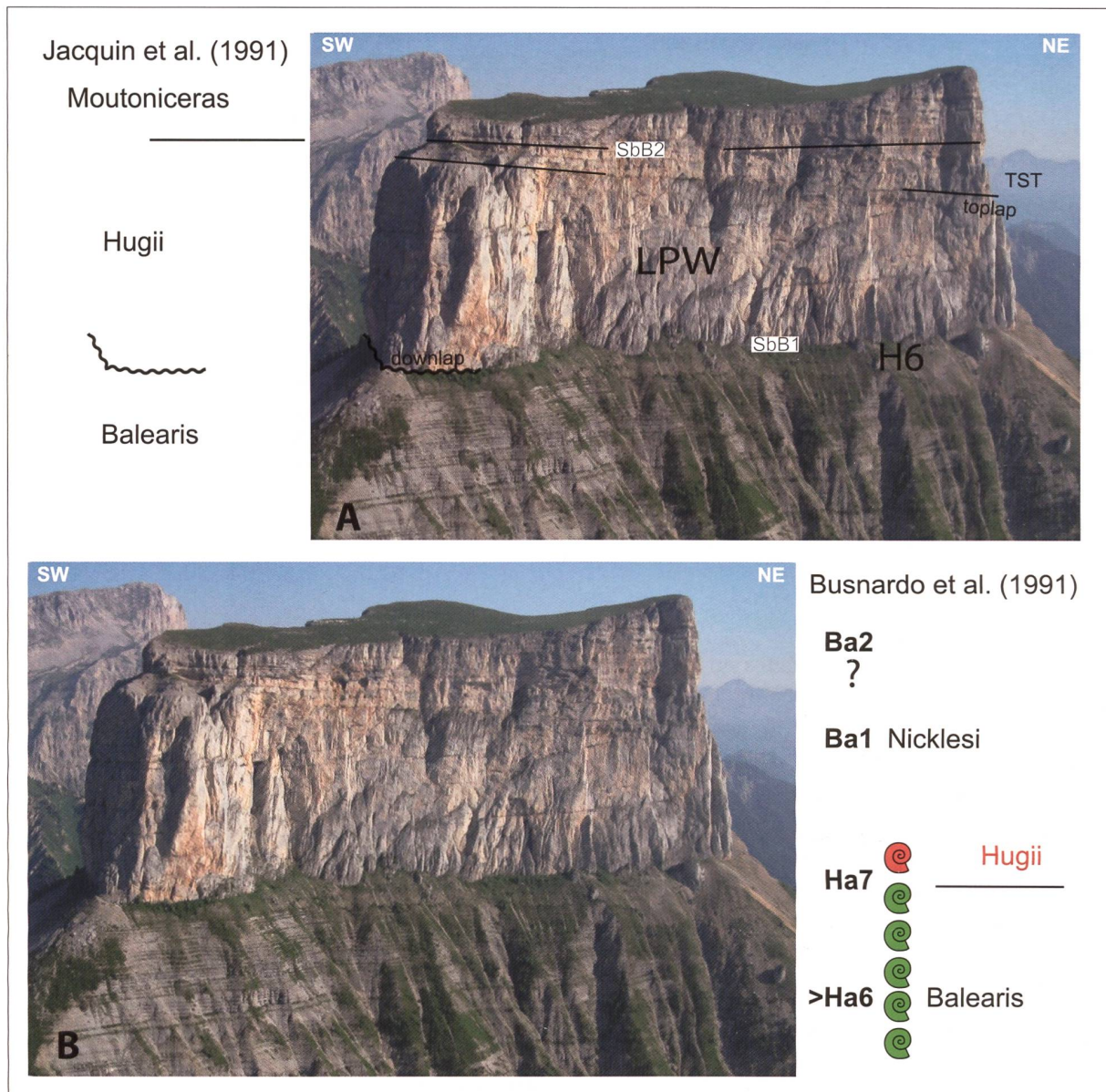


Fig. 35. Interprétation biostratigraphique et séquentielle du Mont Aiguille (flanc est du Vercors méridional) selon Jacquin et al. (1991) et Busnardo et al. (1991).

Le *Schrattenkalk*, qui succède en continuité aux marnes et alternances marnes – calcaires de la *Formation de Tierwis*, est considéré comme régressif (cortège de haut niveau – HST = progradant) par les auteurs ci-dessus.

Godet et al. (2005, 2008, 2011, 2012) arrivent à des conclusions identiques pour l'Urgonien du Jura suisse. Ils confirment par la géochimie les conclusions biostratigraphiques obtenues dans le domaine helvétique et les massifs subalpins septentrionaux (à partir de la zone à Sartousiana pour les calcaires à coraux et rudistes) et affirment que : «*As a consequence of the change towards a warmer and wetter climate during the latest Hauterivian and a corresponding*

*increase in phosphorus input into the ocean, the northern Tethyan carbonate platform drowned (during the period between the *S. angulicostatum* and the *C darsi* ammonite zones; Arnaud-Vanneau and Arnaud, 1990; Bodin et al. 2006b*»<sup>6</sup> (Godet et al. 2008 : 845). Ils reconnaissent cet ennoielement dans les dépôts de l'Urgonien jaune et inter-

<sup>6</sup> « en raison de l'arrivée d'un climat plus chaud et plus humide à l'Hauterivien terminal et de l'augmentation corrélative des arrivées de phosphore dans l'océan, les plates-formes carbonatées nord-téthysiennes furent ennoyées durant la période allant de la zone à *Angulicostatum* à la zone à *Darsi*; Arnaud-Vanneau & Arnaud, 1990; Bodin et al. 2006b. »

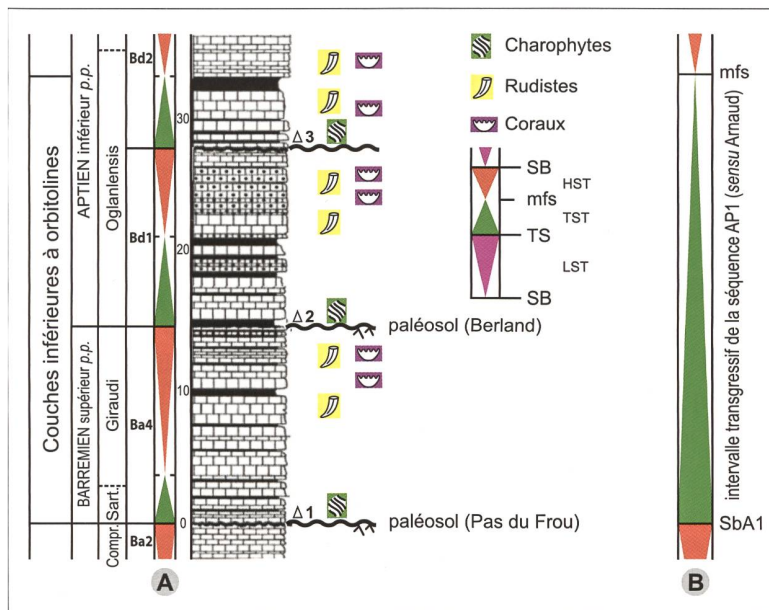


Fig. 36. Les trois séquences des Couches inférieures à Orbitolines (CIO). Des massifs subalpins septentrionaux (log du Pas du Fou – Clavel et al. 2002). La présence de trois discontinuités émerives marquées par des charophytes et surmontées de rudistes et de coraux ne permettent pas d’interpréter l’ensemble des CIO comme un unique cortège transgressif (TST). Découpage séquentiel: **A** - selon ce travail; **B** - selon Arnaud et al. (1995), Arnaud-Vanneau et al. (2005)

prêtent séquentiellement les calcaires à rudistes (= Urganien blanc) du Jura comme cortège de haut niveau (HST) dont ils soulignent le caractère **régressif** (Godet et al. 2012: fig. 3).

### 1. Biostratigraphie

#### 1.1. Ammonites du domaine helvétique de Suisse centrale

Dans le domaine helvétique, la coupe du Barbierlergrat-Alvier (Bodin et al. 2006c) a fourni les ammonites (2 spécifiquement déterminées figurées) datant la mise en place de plate-forme du *Schrattenkalk* de la zone à Sartousiana, au milieu du Barrémien supérieur (Föllmi et al. 2007).

En domaine plus interne, la coupe de Tierwis-Säntis est la seule coupe figurée où la *Formation de Tierwis* est surmontée par le *Schrattenkalk inférieur* (Bodin et al. 2006b). A sa base (*Membre d’Altmann*) 13 ammonites sont citées dont 4 déterminées spécifiquement, mais avec doute («gr.»); 5 sont caractéristiques de l’Hauterivien, 8 autres sont attribuées au Barrémien inférieur. Ces ammonites permettent l’identification par les auteurs de la base de la zone à Darsi (*sensu* Vermeulen 2005 = zone à Moutonianum *sensu* Reboulet et al. 2009), marquant le sommet du Barrémien: elles confirment donc que le *Schrattenkalk* se met en place au Barrémien supérieur.

■ **Commentaire.** Tout comme la coupe de référence des *Calcaires urgoniens* au Col de Rousset (Vercors méridional), la coupe de l’Alvier (Fig. 37), présentée comme référence biostratigraphique du *Schrattenkalk*, n’est constituée, au-dessus des faciès hémipélagiques de la *Formation de Tierwis*, que de « wa-

ckestones à éléments de plate-forme remaniés », sans le moindre niveau de plate-forme interne à rudistes (Wissler et al. 2003).

■ Dans la coupe de Tierwis-Säntis, les deux exemplaires barrémiens figurés, qualifiés de « *well preserved representatives* », sont pour l’un de nous (R. B.) spécifiquement indéterminables en raison de leur piètre conservation (Fig. 38). Nous avons pour notre part récolté dans les mêmes niveaux *Torcapella falcata* et *T. gr. suessiformis*, formes connues dès la base du Barrémien inférieur.

#### 1.2. Ammonites du Jura

Deux ammonites sont évoquées par Godet et al. (2010, 2013a) à propos du Jura suisse: l’une (*Lyticoceras subhystricoides*), collectée dans les « Marnes d’Uttins (MU) » de la carrière d’Eclépens, marque la zone à *Nodosoplicatum* de l’Hauterivien inférieur. La détermination de la seconde (Pl. 1, fig. 1) – gr. *Lyticoceras - Cruasicerus* (Clavel et al. 2007) – collectée par Mouty (1966) dans sa coupe de Grand-ESSERT (vallée de la Valserine, Ain, France) est fortement contestée en raison de sa signification biostratigraphique – base de la zone à Sayni de l’Hauterivien supérieur.

■ **Commentaire.** Les caractères distinctifs des faciès de la base de l’« Urganien jaune », définis par Godet et al. (2010) – abondance de marnes, glauconie, quartz, niveaux noduleux, discontinuités érosives – sont précisément ceux que décrit Mouty (1966) de part et d’autre de cette ammonite, au-dessus des « calcaires jaunes, pseudoolithiques et oolithiques (...) en petits bancs à stratification oblique » attribués à la « Pierre jaune (PJM) » par Godet et al. (2010). Ces auteurs estiment que le petit niveau marneux (30 cm) situé un peu plus de trois mètres sous les faciès

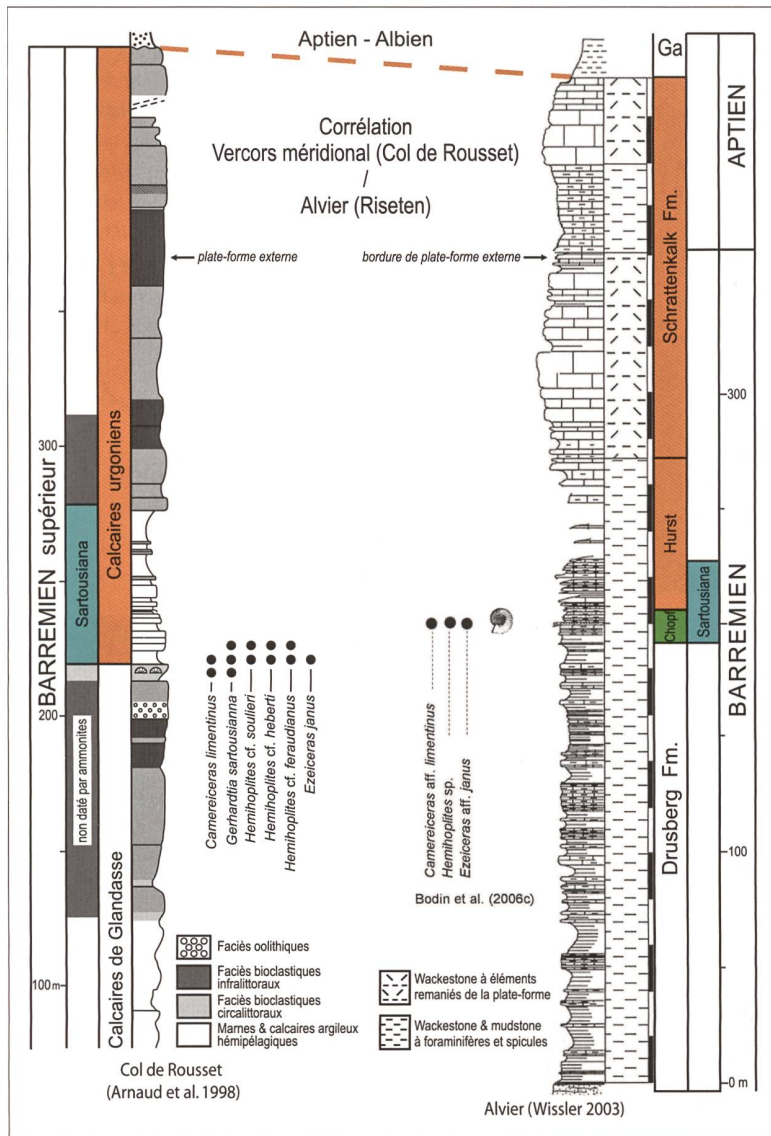


Fig. 37. Corrélations entre les coupes du col de Rousset (Arnaud et al. 1998) et d'Alvier (Wissler et al. 2003). Ces deux coupes sont utilisées par Arnaud et al. (1998) et Bodin et al. (2006b) pour dater de la zone à Sartousiana la mise en place de la Formation des Calcaires urgoniens dans le Vercors et celle du Schrattenkalk dans le domaine helvétique de Suisse centrale.

dénommés urgoniens par Mouty correspond aux *Marnes d'Uttins* (d'une épaisseur identique à Eclépens) intercalées au milieu de la Pierre jaune dans l'ensemble du Jura franco-suisse. Ils passent sous silence la dizaine de mètres de marnes qui s'intercalent au milieu de la Pierre jaune, quatorze mètres plus bas, et qui correspondent effectivement aux *Marnes d'Uttins* (Fig. 39). Ce schéma est typique dans tout le Jura méridional : Vuache, Salève, Mt Clergeon, où cet important niveau marneux a fourni de nombreuses ammonites, dont les marqueurs *Lyticoceras nodosoplicatum* et *Saynella clypeiformis* (Clavel & Charollais 1989b : fig. 2).

**1.3. Echinides**

Godet et al. (2010, 2011) signalent deux échinides déterminés avec doute (« ? ») dans l'Urgonien du Jura suisse. Dans la thèse de Godet (2006 : 68), ces mêmes échinides (*Goniopygus delphinensis* et *Orthopsis aff. repellini*), laissaient supposer la la-

cune du Barrémien inférieur et un âge Barrémien supérieur – Aptien inférieur pour l'Urgonien blanc (UB). Par contre, *Heteraster couloni*, l'échinide extrêmement commun dans le Jura, où il a été décrit par Agassiz (1839), n'est pas mentionné.

**1.4. Orbitolinidés**

Dans les études consacrées au domaine helvétique de Suisse centrale, les espèces d'orbitolinidés sont exceptionnellement mentionnées (Stein et al. 2011) avec référence exclusive à la distribution proposée par Arnaud et al. (1998) pour les massifs subalpins septentrionaux. Il en est de même pour le Jura (Godet et al. 2010, 2011, 2013a).

Dans d'autres publications Föllmi (2008) et Godet et al. (2012 : 1128) considèrent que les orbitolinidés ne sont pas des marqueurs biostratigraphiques crédibles, en raison des importantes divergences existant entre les répartitions publiées par les écoles genevoise et grenobloise. A l'appui de cette affirmation, ils citent également la note de Schroeder et al. (2007), qui identifient et figurent des espèces caractéristiques du Gargasien sommital – Clansayésien au sommet du *Schrattenkalk* de la nappe du Wildhorn (Suisse centrale), alors que ces niveaux sont datés par ammonites du Bédoulien.

■ **Commentaire.** Quelques espèces d'orbitolinidés sont citées pour confirmer les conclusions biostratigraphiques des auteurs. Ainsi Stein et al. (2011 : 12) se réfèrent aux « *biostratigraphically well-dated sections of the Vercors area* (Arnaud-Vanneau 1980) » pour dater de l'Aptien inférieur les niveaux à *Orbitolinopsis cuvillieri*, *O. kiliani*, *O. buccifer*. Nous avons démontré plus haut (§ II 2.3.2) que ces attributions ne sont pas acceptables, ces espèces étant connues dès la base du Barrémien (Clavel et al. ce travail).

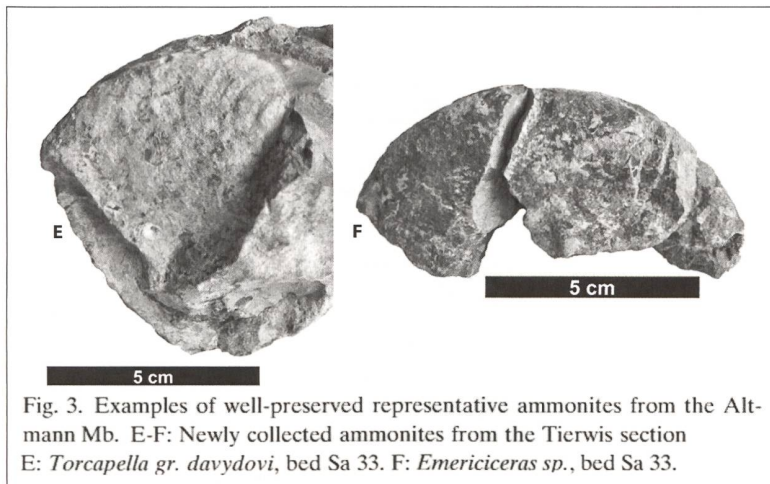


Fig. 38. (= fig. 3 pars Bodin et al. 2006b): Ammonites figurées sur lesquelles repose la datation du Membre d'Altmann, d'après Bodin et al. (2006b: figs. 3 et 4, Table 1). *Torcapella gr. davydovi* (E) est identifiée à partir de l'extrémité ventrale de 5 côtes sur une surface de 2,5 x 2,2 cm, et *Emericiceras sp.* (F) ne présente pas la moindre trace de la costulation et de la tuberculacion caractéristiques du genre. Non figurée, *Subtorcapella sp.*? (Table 1) est citée comme *Subtorcapella sp.* (fig. 4 et texte: 170).

Les critiques de la publication de Schroeder et al. (2007) ne sont pas non plus acceptables dans leurs conclusions relatives à l'absence de crédibilité des orbitolinidés. Föllmi & Gainon (2008: fig. 3) ont montré que, dans la région étudiée, les *Calcaires de Brisi*, attribués à l'Aptien sommital, sont présents à moins de 2 m au-dessus du *Schrattenkalk*: la datation erronée est donc manifestement due à la confusion d'échantillons voisins.

**1.5. Dasycladales**

Tout comme les orbitolinidés, les algues ne constituent pas un argument stratigraphique dans les publications consacrées au domaine helvétique de Suisse centrale. Godet (2006: fig. B.34) indique que les dasycladales collectées dans l'Urgonien blanc du Jura le datent de la partie « inférieure (?) » du Barrémien selon Masse. Godet et al. (2010, 2011) mentionnent quelques dasycladales dans l'Urgonien blanc sans en tirer de conclusions. Godet et al. (2013a) contestent l'extension stratigraphique que nous attribuons (Charollais et al. 2013) à *Praturilonella danilovae*<sup>7</sup>.

**1.6. Dinokystes**

La coupe d'Eclépens (Jura vaudois) a été, il y a peu, l'objet de plusieurs études consacrées aux dinokystes et aux nannofossiles. Pour Godet (2006), les dino-

kystes indiquent des âges différents selon les déterminateurs – Hauterivien (P. Hochuli), Barrémien supérieur – Aptien basal (E. Ghasemi-Nejad).

**■ Commentaire.** Comme déjà écrit plus haut, une recherche palynologique approfondie a été menée par R. Jan du Chêne sur l'Urgonien jaune des carrières d'Eclépens et de La Sarraz (Jura vaudois). Les conclusions basées sur des déterminations figurées pour les formes les plus significatives (Clavel et al. 2007: 1037-1038 et 1060-1061, pl. 7) ont déjà été publiées. L'association des dinokystes reconnue par ce spécialiste

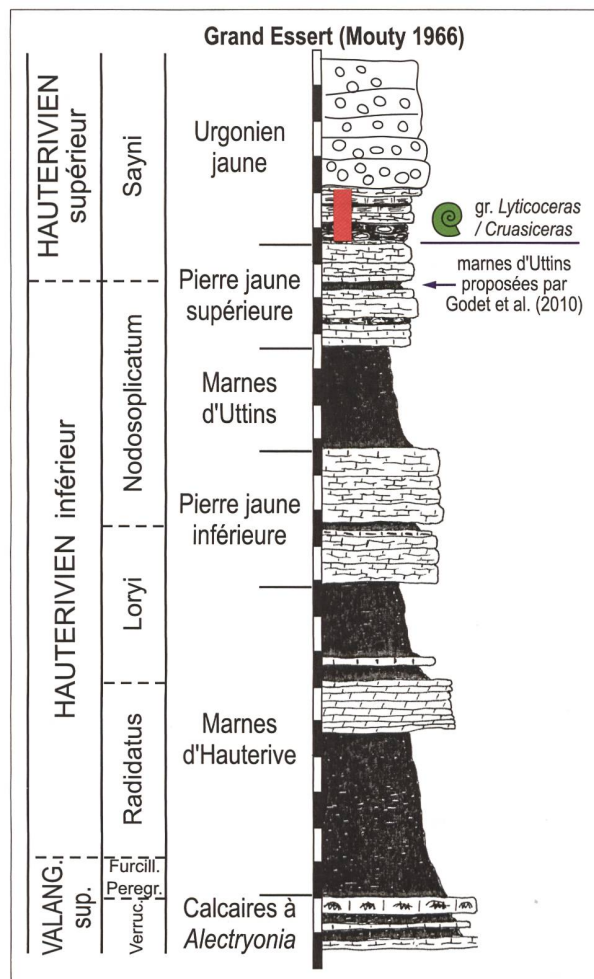


Fig. 39. Niveaux hauteriviens de la coupe de Grand Essert (lithologie selon Mouty (1966)). Les marnes d'Uttings, intercalées entre Pierre jaune inférieure et Pierre jaune supérieure, ont une épaisseur de 15 mètres, et non de 30 centimètres comme décrit par Godet et al. (2010: 1105).

<sup>7</sup> espèce également attribuée au genre *Falsolikanelia* par B. Granier (Granier et al. 2000).

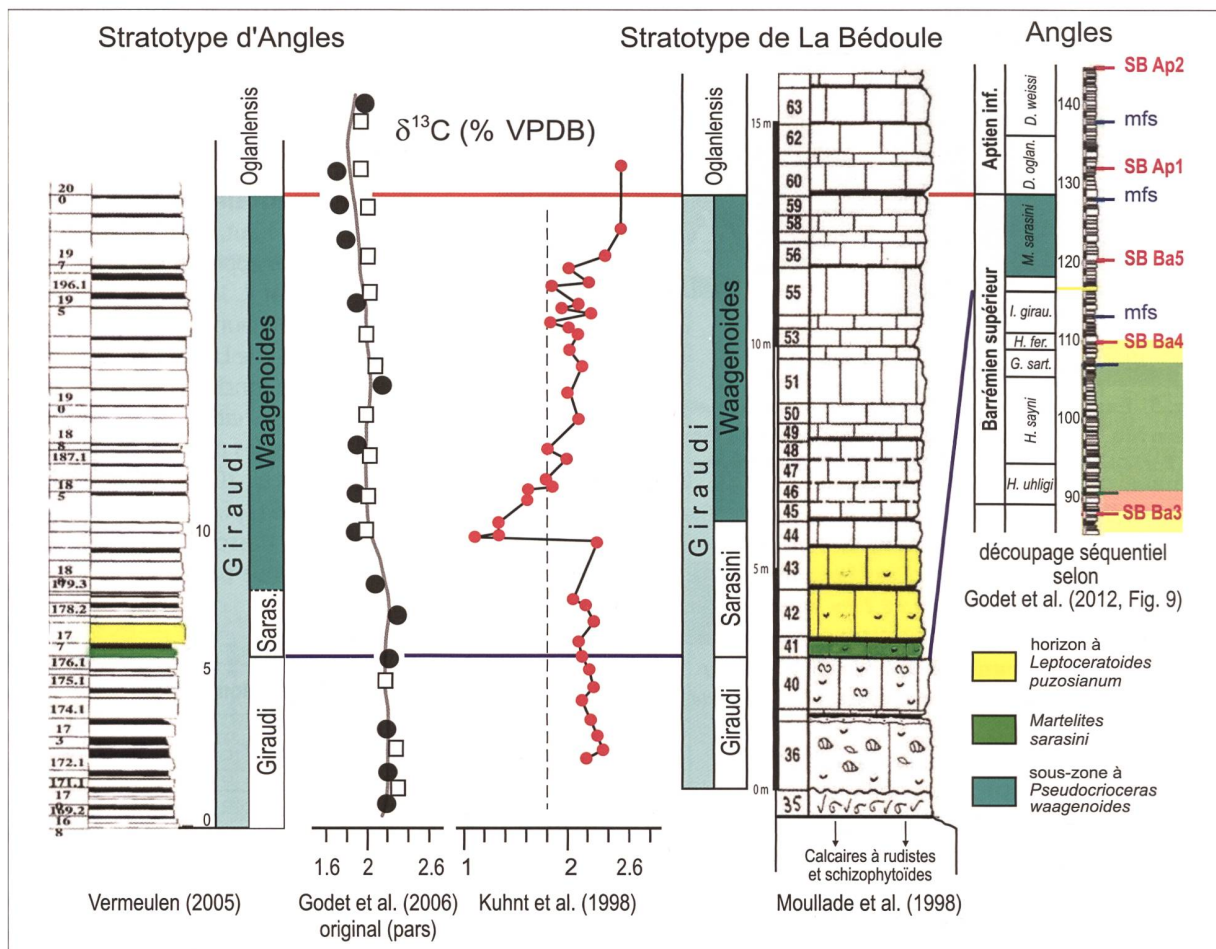


Fig. 40. Courbes isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$ ) du Barrémien supérieur pro parte des stratotypes d'Angles et de La Bédoule: les pics négatifs respectifs, d'amplitude très inégale, n'ont ni la même position biostratigraphique ni la même position séquentielle par rapport à la limite Barrémien - Aptien. De gauche à droite:

- log lithologique de Vermeulen (2005). En jaune et vert, position stratigraphique des niveaux à *Leptoceratoides puzosianum* et *Martelites sarasini*, base de la sous-zone à *Sarasini* dans les coupes d'Angles et de la Bédoule;
- Courbe du  $\delta^{13}\text{C}$  de Godet (2006), redessinée à la même échelle que celle avec laquelle elle est comparée;
- Courbe  $\delta^{13}\text{C}$  de Kuhnt et al. (1998);
- Zones d'ammonites, log lithologique de Moullade et al. (1998);
- Position de la sous-zone à *Sarasini* dans le découpage séquentiel de Godet et al. (2012: fig. 9)

caractérise l'Hauterivien supérieur, comme l'avait déjà signifié P. Hochuli (in Godet 2006: 70). Cette datation ne peut donc pas être remise en cause.

### 1.7. Nannofossiles

S'appuyant sur les données de la thèse de Godet (2006), l'école neuchâteloise – lausannoise affirme dans ses publications que les nannofossiles collectés à Eclépens (Jura vaudois) datent la partie basale de l'Urgonien jaune de l'actuelle zone à *Sartousiana* du Barrémien supérieur (Godet et al. 2010, 2011). Les résultats du « blind-test » (2006) organisé sous l'égide du Prof. A. Strasser sont considérés comme « non sans ambiguïté » et ne sont pas pris en compte (Godet et al. 2010).

■ **Commentaire.** Lors du « blind test » (2006) évoqué plus haut (§ II 2.6), E. Erba et S. Gardin avaient conclu à un âge Hauterivien supérieur pour l'Urgonien jaune des carrières d'Eclépens et de La Sarraz. Or E. de Kaenel, troisième expert du « blind test », qui n'a « observé aucune espèce remaniée dans aucun échantillon » (rapport E. de Kaenel, 06.05.2006, in Godet 2006: 375-380) signale dans son expertise des associations de dinokystes dont les âges vont du Barrémien supérieur à l'Albien sommital. Comme ce spécialiste conclut que « la préservation des nannofossiles est généralement pauvre (à modérée parfois) mais cela n'empêche pas de déterminer les espèces avec certitude », ses résultats ne peuvent être pris en considération.

- L'« ambiguïté » des résultats fournis par les nannofossiles résulte plutôt de l'utilisation qui en est faite par Godet et al. qui, dans une même publication (Godet et al. 2010), attribuent des positions stratigraphiques variées aux deux niveaux de collecte des échantillons :
  - fig. 5 : sommet de la partie basale condensée, de l'Urgonien jaune ;
  - fig. 15 : de part et d'autre de la limite Sartousiana – Feraudianus ;
  - fig. 16 : sommet du Barrémien inférieur (zone à Darsi *sensu* Vermeulen) ;
  - fig. 17 : échantillon EC<sub>11</sub>72b : HST E2 (ensemble de l'Hauterivien supérieur)<sup>8</sup> et échantillon EC<sub>11</sub>79 : TST E3 (Angulicostata : ensemble du Barrémien inférieur) ;
  - fig. 18 : au-dessus de SbE3 (Angulicostata : ensemble du Barrémien inférieur).
- Dans cette même publication, la base de l'Urgonien jaune (Godet et al. 2010 : fig. 15) et la totalité de l'Urgonien blanc (Godet et al. 2010 : figs. 17 et 19) sont dotées d'un âge identique : partie supérieure de la sous-zone à Sartousiana et partie inférieure de la sous-zone à Feraudianus.
- L'extrême confusion qui baigne ces figures n'est clarifiée ni dans le texte de la publication, ni dans la figure 2 de Godet et al. (2013a) où partie supérieure de l'Urgonien jaune et Urgonien blanc recouvrent un intervalle beaucoup plus étendu, du milieu de l'actuelle zone à Sartousiana au milieu de l'actuelle zone à Giraudi.

### 1.8. Calpionelles

Blanc-Alétru (1995 : Pl. XIV) figure une calpionelle – *Tintinnopsella longa* – identifiée dans un lithoclaste collecté dans l'Urgonien jaune de la coupe d'Eclépens. Godet et al. (2010 : 1107, 2012 : 1127) rappellent que cette calpionelle, qui provient d'un galet remanié, est caractéristique de l'intervalle Berriasien supérieur – Valanginien basal : ils considèrent qu'elle est une preuve supplémentaire des considérables remaniements qu'ils mentionnent à la base de l'Urgonien jaune.

- **Commentaire.** Granier et al. (1995) ont démontré l'existence des calpionelles jusque dans l'Hauterivien terminal. A Busot (Province d'Alicante, sud-est de l'Espagne) ces auteurs figurent des *Tintinnopsella carpathica* et *T. longa* tirées de la matrice d'ammonites de la zone à Ohmi (= *Angulicostata auct.*). Cette faune ne saurait donc témoigner d'un quelconque obligatoire remaniement dans le Jura.

<sup>8</sup> Cette datation est en accord avec les conclusions du modèle de l'école genevoise – lyonnaise.

- La présence de calpionelles dans l'Hauterivien était d'autre part déjà mentionnée par plusieurs auteurs, dont Thieuloy (1972), Trejo (1975, 1980), Borza (1980), Vasicek et al. (1983), Pop (1989).

### 1.9. Charophytes

Dans le Jura suisse, à la différence de Blanc-Alétru (1995), Godet et al. (2010) ne signalent pas de charophytes au sommet de l'Urgonien.

### 2. Géochimie

Les travaux de Bodin (2006), Bodin et al. (2006b), Föllmi et al. (2006, 2007), Godet (2006), Godet et al. (2012, 2013a, b), Stein et al. (2011, 2012) dédiés au *Schrattenkalk* helvétique et à l'*Urgonien* jurassien sont essentiellement consacrés à des études de géochimie qui alimentent des conclusions de divers ordres : stratigraphique, sédimentologique, paléoclimatique, paléoenvironnemental.

Les conclusions stratigraphiques reposent sur la comparaison entre les courbes isotopiques établies sur la plate-forme avec celles des stratotypes du bassin (Fig. 40 : Angles et La Bédoule), considérées comme représentatives de l'ensemble (Föllmi 2006, Föllmi & Gainon 2008, Godet et al. 2011, Stein et al. 2011).

#### 2.1. Corrélations par le $\delta^{13}C$

Godet (2006) et Föllmi et al. (2006) indiquent que la limite Barrémien – Aptien inférieur est « bien définie par un pic négatif dans l'enregistrement du  $\delta^{13}C$  » dans le stratotype d'Angles aussi bien que dans celui de La Bédoule (Fig. 40). L'illustration qui en est donnée montre que les données de La Bédoule (Kuhnt et al. 1998) et celles d'Angles (Godet 2006) se recouvrent très précisément à la limite Barrémien – Aptien inférieur, avec une amplitude très différente, justifiant ainsi totalement la citation ci-dessus (Föllmi et al. 2006 : fig. 3).

- **Commentaire.** L'examen des coupes de référence montre que ce pic négatif se situe à la base de la zone à Oglanlensis à Angles et dans la partie inférieure de la zone à Giraudi (sous-zone à Sarasini) à La Bédoule : il en ressort que cet élément majeur de datation par le  $\delta^{13}C$  représente à la fois le milieu du HST de la séquence BA4 (*sensu* Arnaud) et la mfs de la séquence BA5 (*sensu* Arnaud) dans le schéma séquentiel proposé par Godet et al. (2012).

#### 2.2. Datation par le $^{87}Sr/^{86}Sr$

Pour Godet et al. (2005) la datation par les isotopes du strontium laisse quelques doutes sur l'âge de l'Urgonien jaune, mais attribue « clairement » l'Urgonien blanc au Barrémien supérieur. Cette attri-



bution stratigraphique est réaffirmée par Godet et al. (2010) et détaillée par Godet et al. (2011). Comparées aux valeurs obtenues dans le bassin à partir de rostrés de bélemnites, les ratios  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  observés dans des tests de rhynchonellidés du domaine jurassien confirment que la mise en place de la plate-forme urgonienne a débuté lors de la partie moyenne du Barrémien supérieur.

A la suite des commentaires circonstanciés de leur modèle par Conrad et al. (2012), Godet et al. (2012) répondent notamment : « *Moreover,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  measurements performed on rudists (Cluses) and belemnites (Vocontian Basin; Bodin et al., 2009) show a remarkable correlation and point to a Barremian to Early Aptian age (124 to 130 Ma after the LOWESS best-fit curve of McArthur et al., 2001 in Huck et al., 2011) for the Urgonian Formation of the Cluses section. This study therefore excludes a Late Hauterivian age for the Urgonian Formation in this region* »<sup>9</sup>. Cette citation fait référence aux travaux de Huck et al. (2011) qui datent un même niveau, à la base de leur coupe du Rocher de Cluses (Bornes), de la partie basale du Barrémien supérieur avec le  $\delta^{13}\text{C}$  (évolution comparée avec celles de l'Alvier et du stratotype d'Angles, fig. 4) et lui attribuent un âge numérique de 130 Ma avec le  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (valeurs référées aux âges indiqués dans la « *LOWESS best-fit curve* » de McArthur et al. (2001).

- **Commentaire.** Charollais et al. (2013) ont montré que, selon la « *LOWESS best-fit curve* » telle que publiée par McArthur et al. (2001) et McArthur & Howarth (2004), les isotopes du Sr et leurs tendances observées dans l'Urgonien du Jura suisse le situent dans l'Hauterivien supérieur.
- Il est d'autre part impossible d'admettre le bien-fondé de la référence à la coupe de Cluses dans la mesure où :
  - les travaux de Huck et al. (2011) concernent uniquement la partie supérieure de la coupe de Cluses (110 m sur un total de 260 m ; voir Trabold 1996) ;
  - l'âge numérique – 130 Ma – tiré de la courbe Sr de McArthur et al. (2001) redessinée par McArthur & Howarth (2004) correspond très précisément à la limite Hauterivien – Barrémien.
- L'âge Hauterivien supérieur de plus de la moitié de la coupe de Cluses est donc à la fois infirmé et confirmé dans une même phrase par Godet et al. (2012).

<sup>9</sup> « De plus les mesures de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  effectuées sur les rudistes (Cluses) et les bélemnites (Bassin vocontien – Bodin et al. 2009) montrent une remarquable corrélation et indiquent un âge Barrémien à Aptien inférieur (124 à 130 Ma d'après la courbe LOWESS de McArthur et al. 2001, Huck et al. 2011) pour la Formation des Calcaires urgoniens de la coupe de Cluses: cette étude exclut donc un âge Hauterivien supérieur pour la Formation des Calcaires urgoniens de cette région. »

### 2.3. Sédimentologie à partir du K-Ar

Il ressort des analyses de la glauconie des Marnes d'Uttins et de la base de l'Urgonien jaune de la coupe d'Eclépens que les âges radiochronologiques obtenus sont beaucoup trop jeunes (Godet et al. 2005). Mais l'écart entre les valeurs K-Ar des deux niveaux de collecte est représenté par une épaisseur de sédiments considérée comme beaucoup trop faible : cette incohérence démontre de ce fait l'existence d'une discontinuité majeure située « *quelque part* » dans cet intervalle lithologique (Godet et al. 2005: 94).

Les valeurs obtenues pour les deux niveaux ci-dessus sont modifiées et inversées dans une nouvelle publication où l'Urgonien jaune ( $EC_{11,57}$ ) serait plus ancien que les Marnes d'Uttins sous-jacentes ( $EC_{11,21}$ ). Cette nouvelle incohérence est due à la perturbation diagénétique des Marnes d'Uttins, non soupçonnée auparavant, selon Godet et al. (2011: 158). Les échantillons collectés à la base de l'Urgonien jaune indiquent un intervalle Hauterivien sommital – Barrémien inférieur.

- **Commentaire.** Charollais et al. (2013) ont rappelé que l'âge moyen – 130.7 Ma – déduit par Godet et al. (2011) des analyses K-Ar de la base de l'Urgonien jaune correspond précisément à la zone à Ligatus, partie moyenne de l'Hauterivien supérieur selon le ICS Timescale (2009).

### 2.4. Paléoclimat et paléoenvironnement

Leur interprétation de données géochimiques permet à Föllmi et al. (2006), Godet et al. (2011) et Bodin et al. (2006a) de dresser un tableau très précis des conditions paléoclimatiques et paléoenvironnementales qui président à l'installation de la plate-forme urgonienne à rudistes et son maintien durant la partie supérieure du Barrémien supérieur (*Schrattenkalk* inférieur) : ces conditions, photozoaires et oligotrophiques, témoignent d'un refroidissement par rapport au climat sub-tropical précédent, où prévalaient des conditions hétérozoaires, mésotrophiques à eutrophiques.

Selon eux, ces conditions n'avaient jamais été réalisées dans les régions considérées à l'Hauterivien et au Barrémien inférieur ; ils en déduisent donc que l'existence de milieux à rudistes à ces époques était impossible et que tout modèle prétendant le contraire est par définition sans valeur : « *These palaeo-environmental conditions are hardly compatible with extensive reef growth, and it is difficult to perceive how a rudist and coral-dominated, photozoan and presumably oligotrophic carbonate-producing ecosystem would survive through this period of climate instability leading to prevailing mesotrophic to eutrophic conditions, which persisted well into the Early*

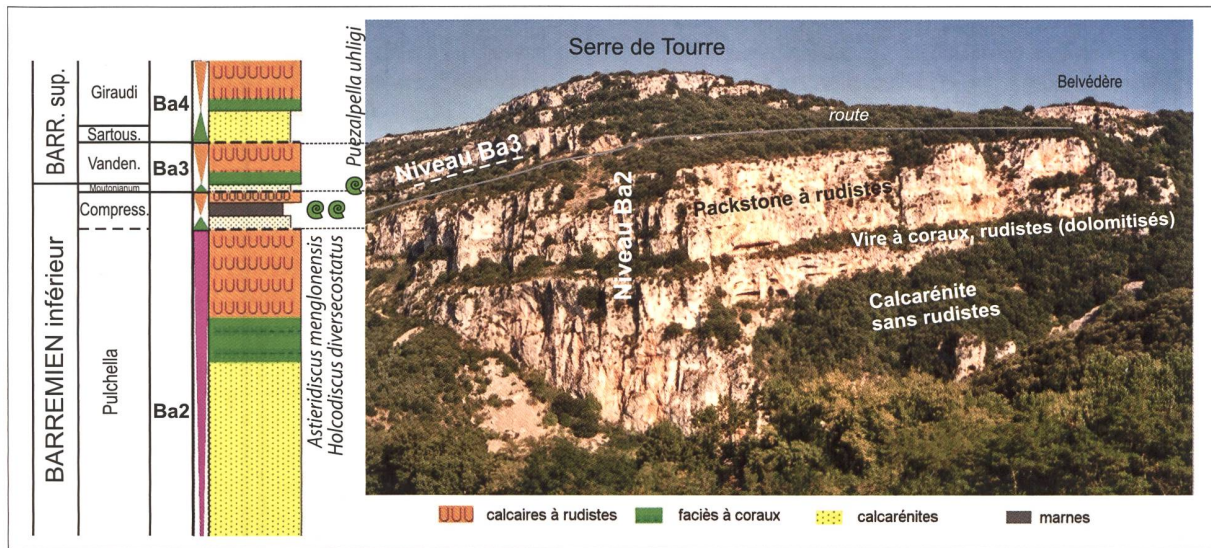


Fig. 41. Falaise du Serre de Tourre et son interprétation chrono- et biostratigraphique, avec cortèges de dépôts et découpage séquentiel selon Clavel et al. (ce travail)

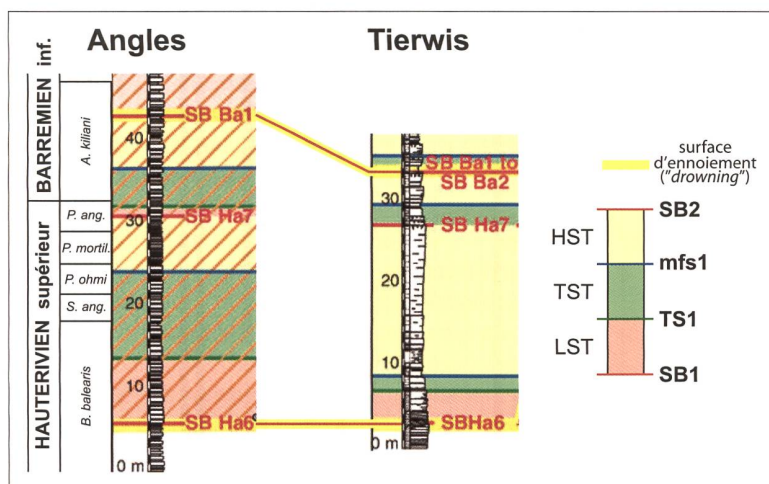


Fig. 42. Concepts de stratigraphie séquentielle selon Godet et al. (2012: fig. 9 pars). La confusion de la **surface d'inondation** (= TS1) et de la **limite de séquence** (SB1) à la base du cortège de bas niveau (LST), telle qu'indiquée pour les séquences Ha6 et Ba1 d'Angles et Ha6 de Tierwis n'est pas en accord avec les termes séquentiels employés; elle l'est par contre pour la séquence Ba2 de Tierwis, en raison de l'absence du cortège de bas niveau (LST).

Barremian in the western Tethys (Bodin et al., 2006a). The widespread installation of Urgonian-type platform carbonate was probably related to the return to more oligotrophic conditions during the Late Barremian, where they dominated the northern Tethyan margin until the middle Early Aptian (Föllmi et al., 2006; Föllmi, 2008).» (Godet et al. 2012)<sup>10</sup>.

■ **Commentaire.** Il est difficile de comprendre comment une telle certitude peut être énoncée, sachant ce qui suit :

- Masse (1976, 1995) décrit en Provence les Calcaires à Pachytraga, d'une épaisseur moyenne de 60 m, datés par ammonites de la zone à Nodosoplicatum de l'Hauterivien inférieur ;

- les calcaires à rudistes (dispersés ou en amas) de la falaise inférieure du Serre de Tourre (Bas-Vivarais) avaient été attribués avec doute à la base du Barrémien supérieur par Lafarge (1978). La détermination des ammonites collectées au-dessus par l'un d'entre nous (B. C.) a permis d'y reconnaître la zone à Pulchella (= partie inférieure de l'ancienne zone à Caillaudianus) du Barrémien inférieur – LST de la séquence Ba2 – (Charollais et al. 1998; Clavel et al. 2015, sous presse; ce travail: figs. 18 et 41; pl. 2, figs. 18-20).

<sup>10</sup> « Ces conditions paléoenvironnementales ne sont absolument pas compatibles avec une croissance récifale soutenue et il est difficile d'imaginer comment un écosystème producteur de carbonates dominé par les rudistes et les coraux, photozoaire et vraisemblablement oligotrophique aurait pu se maintenir durant cette période d'instabilité climatique induisant la prédominance de conditions mésotrophiques à eutrophiques qui ont persisté durant le Barrémien inférieur dans la Téthys occidentale (Bodin et al. 2006a). L'installation généralisée d'une plate-forme carbonatée de type Urgonien est probablement en relation avec le retour à des conditions plus oligotrophiques au cours du Barrémien supérieur, période à partir de laquelle elles ont prévalu le long de la marge nord-téthysienne jusqu'au milieu de l'Aptien inférieur. (Föllmi et al. 2006; Föllmi 2008). »

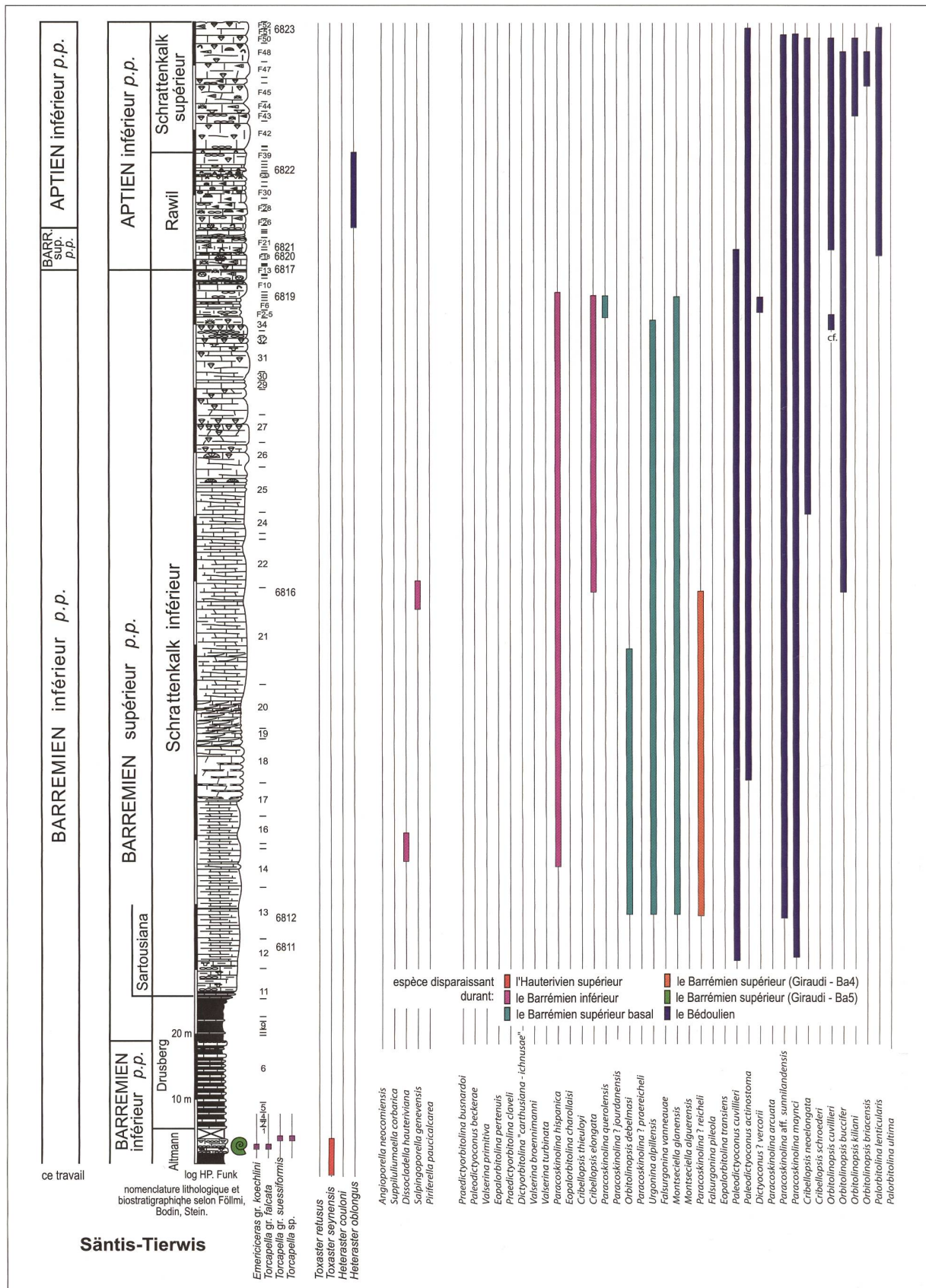


Fig. 43. Coupe de Tierwis (Säntis, domaine helvétique – Suisse) avec, de gauche à droite, les âges: ce travail; nomenclature géologique et biostratigraphie selon Bodin et al. (2006b), Föllmi et al. (2007), Stein et al. (2011); log: communiqué par HP. Funk; tableau de répartition des échinides, des algues (Pl. 32) et des orbitolinidés (Pls. 31-32): ce travail.

- Des rudistes ayant prospéré lors de l'Hauterivien supérieur et du Barrémien inférieur sont également cités dans l'ensemble du domaine nord-téthysien : Espagne (Peybernès 1976, 1979, 1982 ; Peybernès & Combes 1995), Bulgarie (Peybernès et al. 2000), Portugal (Rey 1972, 1979, 1982 ; Rey et al. 2003), Sardaigne (Masse & Allemann 1982, Masse 1993), Hongrie (Császár 1992, Császár et al. 1994), Roumanie (Bucur & Sasaran 2011, Michetiuc et al. 2012), Géorgie (Kotetishvili 1979, Sikharulidze 1979).

### 3. Stratigraphie séquentielle

Les interprétations séquentielles proposées dans l'Helvétique et le Jura suisse, qui utilisent la terminologie du modèle EXXON, présentent elles aussi des contradictions. Ainsi Godet et al. (2012 : fig. 9) situent dans un même niveau, en domaines hémipélagique au Sântis et pélagique à Angles (Fig. 42), la limite de séquence (SB), indice selon le modèle EXXON d'une accélération brusque de la **baisse** du niveau relatif, et la «drowning surface» (= TS) qui marque une **hausse** importante du niveau relatif (Schlager 2005, Catuneanu et al. 2011).

- **Commentaire.** La confusion de deux discontinuités antinomiques – limite de séquence et surface de transgression – est couramment observée, mais uniquement en domaine de plate-forme interne, en raison du non-dépôt du cortège de bas niveau sur des dépôts internes antérieurement installés et émergés durant la nouvelle baisse du niveau relatif. En domaine externe ou dans le bassin, où les cortèges de bas niveau (LST) sont normalement présents, cette disposition n'est envisageable que dans l'hypothèse d'une brusque et importante hausse du niveau relatif, pour des raisons de tectonique locale.

### 4. Observations de terrain : coupe du Sântis

Selon Bodin et al. (2006b : fig. 10) le *Membre d'Altmann*, partie inférieure de la *Formation de Tierwis* sous-jacente au *Schrattenkalk inférieur* est daté au Sântis de l'intervalle Balearis (milieu) – Darsi (milieu = Moutonianum). Dans cette coupe, la base du *Schrattenkalk inférieur* est attribuée à la zone à Sartousiana (Bodin et al. 2006b), et son sommet, sous le *Membre du Rawil*, à la partie basale de la zone à Oglanlensis (Stein et al. 2011).

- **Commentaire.** Lors d'une excursion de terrain au Sântis, en compagnie de HP. Funk, nous avons pu récolter des ammonites et des échinides dans le *Membre d'Altmann*, aux alentours de la cabane de Tierwis : *Pseudothurmannia angulicostata*, *Toxaster retusus* et *T. gibbus* (échinides disparaissant au pas-

sage Balearis-Ohmi) dans sa partie inférieure, *Torcapella falcata*, *Torc. gr. suessiformis* et *Toxaster sey-nensis* sur les hard-grounds de sa partie supérieure.

- Un échantillonnage succinct du *Schrattenkalk* a révélé des niveaux riches en orbitolinidés : nous avons pu le compléter avec 34 lames minces aimablement communiquées par HP. Funk. Ses résultats (Fig. 43, pls. 31-32) indiquent que la totalité du *Schrattenkalk inférieur* doit être attribuée au Barrémien inférieur, et non au Barrémien supérieur élevé-Bédoulien basal.

### 5. Conclusions

Il est difficile de comprendre sur quelles bases précises reposent les modèles stratigraphiques de plate-forme urgonienne récemment précisés pour l'Helvétique de Suisse centrale (Föllmi et al. 2007) et le Jura suisse (Godet 2006, Godet et al. 2005, 2010, 2011, 2013a) :

- l'installation des faciès typiquement urgoniens (carbonates de milieux peu profonds à rudistes, coraux et orbitolinidés) le long de la marge nord de la Téthys «*is known to date from the Late Barremian not only in the western Swiss Jura and the Helvetic Alps, but also in the Vercors, where ammonite findings in the underlying marly levels indicate a late Barremian age*»<sup>11</sup>. (Godet et al. 2012).

Cette affirmation constate une identité biostratigraphique remarquable du domaine helvétique de Suisse centrale et des massifs subalpins septentrionaux : *Schrattenkalk* et *Formation des Calcaires urgoniens* (caractérisés par la présence de rudistes et de coraux) y sont effectivement datés à leur base par des ammonites de la zone à Sartousiana du Barrémien supérieur... mais dans deux coupes de référence (Fig. 37) du domaine externe ne comportant ni rudistes ni coraux (Alvier, Col de Rousset). Ce sont des faciès hémipélagiques qui sont datés dans ces coupes, et non des faciès de plate-forme interne.

- en l'absence d'ammonites, l'extension de cette datation («Late Barremian») au Jura suisse repose sur la micropaléontologie (nannofossiles) et la géochimie (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr, K-Ar principalement) comme indiqué par Godet et al. (2005). Les conclusions qui en sont tirées ne sont pas acceptables (§ IV 1.7 et IV 2) ;

<sup>11</sup> «... est reconnu dater du Barrémien supérieur non seulement dans le Jura suisse et les Alpes Helvétiques mais également dans le Vercors où les collectes d'ammonites dans les niveaux marneux sous-jacents indiquent un âge Barrémien supérieur.»

- un bref examen de la position lithologique de la zone à Sartousiana, censée représenter la base des *Calcaires urgoniens* subalpins et du *Schrattenkalk* helvétique, telle que précisée pour la coupe d'Eclépens par Godet et al. (2010, 2011, 2012) la révèle très variable :
  - partie basale de l'Urgonien jaune (nannofossiles, isotopes du strontium),
  - partie supérieure de l'Urgonien jaune (orbitolinidés),
  - Urgonien blanc (corrélations séquentielles),
  - totalité de l'Urgonien jaune (isotopes du strontium).

Totalité de l'Urgonien jaune et de l'Urgonien blanc ? Il est difficile d'en décider, d'autant que le milieu de la sous-zone à Feraudianus, siège de la SbB4, précisément positionné au sommet de l'Urgonien blanc par Godet et al. (2010 : fig. 19), se retrouve tout aussi précisément situé dans la partie basale de l'Urgonien jaune par Godet et al. (2011 : fig. 6).

## V. Remarques générales

### 1. Urgonien auct. : un concept flou

Le modèle proposé par Clavel et coauteurs depuis 1986 considère la plate-forme comme un ensemble homogène où les faciès bioclastiques externes («Urgonien l. s.» pour certains auteurs) sont contemporains des calcaires à coraux et rudistes internes («Urgonien s. s.») et migrent de concert lors des variations du niveau marin relatif.

De leur côté les modèles des écoles grenobloise et neuchâteloise – lausannoise semblent réserver les notions de *Calcaires urgoniens* – *Schrattenkalk* aux faciès à coraux et rudistes («*Formation des Calcaires urgoniens*» Arnaud et al. 1998, «*Urgonian-type carbonates*» Bodin et al. 2006b, «*typical Urgonian, photozoan facies*» Föllmi et al. 2007, «*Urgonian-type facies*» Godet et al. 2011).

Ces auteurs incluent cependant dans cette définition «*par commodité, les calcaires à silex et les calcaires argileux hémipélagiques qui en sont les équivalents latéraux jusqu'à quelques kilomètres au plus à l'extérieur de la bordure de la plate-forme urgonienne*» dans les massifs subalpins (Arnaud et al. 1998 : 11-12) ou des «*calcaires hémipélagiques à spicules de spongiaires et éléments de plate-forme remaniés et arrondis*» (Wissler et al. 2003 : 190, fig. 3).

Cette incertitude est également illustrée dans le Jura suisse, où la limite de séquence basale de l'Urgonien blanc correspond à la limite inférieure du

*Schrattenkalk inférieur* et des *Calcaires urgoniens inférieurs* (Godet et al. 2010 : 1120) alors que dans la même publication une discontinuité de la partie basale de l'Urgonien jaune (Godet et al. 2010 : 1119, fig. 3) est corrélée avec le milieu de la *Formation de Drusberg* du domaine helvétique et la base des *Calcaires urgoniens inférieurs* subalpins.

Un tel flou dans les définitions laisse évidemment place à de nombreux malentendus.

### 2. Validité de l'échantillonnage

L'échantillonnage effectué pour l'étude des microfaciès d'une quelconque coupe ne peut en aucun cas cautionner un inventaire prétendu exhaustif d'une quelconque faune ou flore de cette coupe : l'expression «*faune/flore de...*» signifie en fait «*faune/flore rencontrée à... par...*».

- Dans la coupe de référence des Gorges du Nant, Arnaud-Vanneau (1980) cite 15 espèces, Arnaud et al. (1998), Arnaud-Vanneau et al. (2005) en mentionnent 19, Clavel et coauteurs (Fig. 12) en figurent 31, sélectionnées à partir de 88 kg de roches prélevées et choisies sur le terrain, sur des sections polies représentant une surface d'observation identique à celle d'environ 6730 lames minces, dont 350 ont été effectivement réalisées à partir des exemplaires les mieux conservés.
- L'absence de représentativité des associations d'orbitolinidés mentionnées par Arnaud et al. (1998) dans leurs diverses coupes est également démontrée. Les espèces citées et figurées dans chacune des coupes du § II 5.1 sont beaucoup plus nombreuses que celles spécifiquement identifiées dans les mêmes coupes par ces auteurs (16/6 Eclépens, 25/11 Rocher des Hirondelles, 33/21 Pas du Frou, 31/19 Gorges du Nant, 24/11 La Béguère [moitié supérieure], 18/8 Calcaires de Glandasse du Col de Rousset).
- Il en ressort que des affirmations telles que – «*aucune des espèces strictement cantonnées au Barrémien inférieur n'est connue dans les Calcaires urgoniens inférieurs de cette région*» à propos d'une région allant du Vercors nord au Jura (Arnaud et al. 1998 : 55) ; «*aucune des espèces typiques du Barrémien inférieur ne s'y rencontre*» à propos des Calcaires urgoniens du Jura suisse (Arnaud et al. 1998 : 64) – ne sont pas crédibles : elles reposent sur un inventaire rendu très incomplet par une documentation manifestement indigente.