

## Stratigraphy

# New data on the age of the installation of Urgonian-type carbonates along the northern Tethyan margin: biostratigraphy of the Chopf Member (Helvetic Alps, eastern Switzerland)

Stéphane Bodin <sup>a,\*</sup>, Jean Vermeulen <sup>b</sup>, Alexis Godet <sup>a</sup>, Karl B. Föllmi <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Institut de géologie et d'hydrogéologie, université de Neuchâtel, rue Émile-Argand, 11, case postale 158, 2009 Neuchâtel, Switzerland

<sup>b</sup> Grand-Rue, 04330 Barrême, France

Presented by Jean Dercourt

### Abstract

The Chopf Member is a glauconitic, phosphate-bearing succession that occurs in the distal part of the Helvetic Alps (eastern Switzerland). The recent discovery of age-diagnostic ammonites within this horizon allows for its attribution to the lower part of the *Gerhardtia sartousiana* zone (middle Late Barremian). This new age corresponds to a maximal age for the onset of the Schrattekalk Fm. in this area, and is coeval with the onset of the Urgonian facies in other parts of the western Tethyan realm. This new age allows also for a more precise dating of Late Barremian  $\delta^{13}\text{C}$  curves.

### Résumé

**Données nouvelles sur la datation de l'installation des calcaires urgoniens le long de la marge nord-téthysienne : biostratigraphie du membre du Chopf (nappes Helvétiques, Suisse orientale).** Le membre du Chopf correspond à un horizon glauconieux déposé dans la partie distale de la plate-forme helvétique. La découverte récente d'ammonites permet de dater précisément cet horizon de la partie inférieure de la zone à *Gerhardtia sartousiana* (Barrémien supérieur moyen). Cette nouvelle datation permet de donner un âge maximal à la formation du Schrattekalk dans cette région. Cet âge est cohérent avec ceux qui sont obtenus dans les autres parties de la Téthys occidentale pour l'installation des faciès urgoniens. Cette nouvelle datation permet aussi d'apporter des précisions sur la calibration des courbes du  $\delta^{13}\text{C}$  du Barrémien supérieur.

*Keywords:* Helvetic platform; Switzerland; Drusberg Formation; Urgonian limestone; Late Barremian; Carbon isotope curve

*Mots-clés:* Plateforme helvétique ; Suisse ; Formation du Drusberg ; Calcaire urgonien ; Barrémien supérieur ; Courbe isotopique du carbone

\* Corresponding author.

*E-mail address:* stephane.bodin@unine.ch (S. Bodin).

## Version française abrégée

### Introduction

Les nappes Helvétiques affleurent dans la partie nord des Alpes suisses (Fig. 1) et documentent les restes de la marge nord-Téthysienne. Dans ces unités tectoniques, des carbonates de plate-forme alternent avec des sédiments phosphatés et glauconieux (par exemple, [7,10]). Dans cette note, de nouvelles ammonites appartenant à un de ces intervalles glauconieux (le membre du Chopf) sont figurées ; elles sont attribuées au Barrémien supérieur moyen. Cette importante découverte permet, non seulement de dater l'installation des faciès urgoniens (formation du Schrattenkalk) dans cette partie de la Téthys, mais aussi de discuter la calibration des courbes téthysiennes de référence du  $\delta^{13}\text{C}$ .

### Cadre géographique et géologique

Le Barrémien du domaine Helvétique est composé de deux formations : la formation du Drusberg et la formation du Schrattenkalk (Fig. 2). En domaine proximal, la formation du Drusberg peut être divisée en deux membres : le membre d'Altmann et le membre du Drusberg (par exemple, [8,9]). En domaine distal (région de l'Alvier), Briegel [5] adjoint deux autres membres à la formation du Drusberg : le membre du Chopf et le membre d'Hurst. D'après cet auteur, l'âge de ces deux derniers membres serait Barrémien moyen, sans plus de précision.

### Sédimentologie et biostratigraphie

Le membre du Chopf a été étudié au lieu dit du *Barbielergrat* (voir [5] pour une localisation précise), où son épaisseur atteint environ 2 m ; il affleure sous forme de quatre bancs calcaires intercalés entre les marnes du membre du Drusberg et du membre d'Hurst (Fig. 3). La glauconie est présente dans les deux premiers bancs et abondante dans le troisième. Des traces de phosphatogenèse peuvent être également discernées dans les trois derniers bancs. À la base du troisième banc, la présence de nombreux nodules phosphatés et de nombreuses bélemnites est à noter.

Parmi ces nodules, quatre ammonites phosphatées ont été trouvées (Fig. 3). Deux d'entre elles se sont avérées être des *Hemihoplitidae* sp., tandis que les deux autres sont identifiées comme étant une *Ezeiceras* aff. *janus* et une *Hemihoplites* sp. aff. *limentinus* (Fig. 4). Cet assemblage d'ammonites est typique de la partie

terminale de la zone à *Heinzia sayni* et de la première moitié de la zone à *Gerhardtia sartousiana* (Barrémien supérieur moyen [12,13]).

### Discussion

Cette nouvelle datation du membre du Chopf permet de discuter quelques aspects importants de la sédimentologie du Barrémien tardif dans les nappes Helvétiques, ainsi que d'affiner la corrélation basée sur l'évolution du  $\delta^{13}\text{C}$  entre cette région et les sections barrémiennes de référence (par exemple, Cismon Apticore [6]), précédemment proposée par Wissler et al. [14].

La présence relativement élevée de glauconie et la trace de phosphatogenèse dans le membre du Chopf témoignent en faveur d'une sédimentation condensée, caractéristique des surfaces d'inondations maximales (SIM) de troisième ordre. Dans le domaine Téthysien, une SIM majeure est localisée dans la zone à *G. sartousiana* (par exemple, [1,2]), la SIM Ba3. Par conséquent, cet horizon condensé semble être synchrone avec la SIM Ba3.

De plus, Bodin et al. [3] ont observé que la SIM Ba3 correspond à la transition entre la formation du Drusberg et celle du Schrattenkalk en domaine plus proximal (coupe de Tierwis, région du Säntis). Ainsi, le membre du Chopf doit correspondre en temps à la limite Drusberg-Schrattenkalk en domaine proximal. Par conséquent, en situation distale, l'installation du membre du Schrattenkalk, qui est séparé du membre du Drusberg par le membre d'Hurst, doit être plus jeune qu'en situation proximale. Cette observation souligne la progradation de la plate-forme urgonienne durant le Barrémien supérieur dans le domaine Helvétique (Fig. 5 ; par exemple, [4]). Il est également important de noter que cet âge est cohérent avec l'installation des faciès urgoniens dans les autres parties de la Téthys occidentale, et particulièrement dans le Vercors (par exemple, [2]).

Par ailleurs, Wissler et al. [14] ont publié une courbe haute résolution du  $\delta^{13}\text{C}$  pour cette région, montrant deux excursions positives durant le Barrémien supérieur, le membre du Chopf étant situé exactement au milieu de ces deux excursions (Fig. 6). En considérant cette nouvelle datation, il apparaît que la première excursion est plus âgée que la zone à *G. sartousiana*. D'après la datation du sommet du membre de l'Altmann par Bodin et al. [3] et la datation consécutive de la base du membre du Drusberg (zone à *C. darsi*), cette première excursion est datée de la partie inférieure du Barrémien supérieur (zone à *H. uhligi*-*H. sayni*).

## Conclusions

Le membre du Chopf est daté de la zone à *Gerhardtia sartousiana* (Barrémien supérieur moyen) et correspond à la surface d'inondation maximale Ba3. Il en résulte que la formation du Schrattenkalk, équivalente de la formation Urgonienne dans les autres parties du domaine Téthysien, est plus jeune que la zone à *G. sartousiana* dans la partie distale de la plate-forme Helvétique. Cependant, dans les parties internes, l'installation de ces faciès est datée, par corrélation en stratigraphie séquentielle, de cette même zone à *G. sartousiana*. Cette dichotomie souligne donc la progradation de la marge distale de la plate-forme Helvétique durant le Barrémien supérieur.

## 1. Introduction

The Helvetic fold-and thrust belt is situated in the northern part of the central European Alps (Fig. 1) and includes a sedimentary succession which documents the evolution of the northern Tethyan margin during the Mesozoic and Early Tertiary. The Lower Cretaceous comprised in this tectonic zone is composed of an alternation of photozoan and heterozoan platform carbonates and highly condensed phosphatized and glauconitic sediments (e.g., [7,10]). These latter sediments are associated with repetitive drowning episodes, which interfered with the growth of the northern Tethyan carbonate platform. In this paper, we report the discovery of ammonites from one of these glauconitic beds (the Chopf Member), which dates from the middle Late Barremian. This new age date allows us to attribute a maximal age to the installation of the Schrattenkalk Formation (Fm.), which is the equivalent of the Urgonian-type carbonates known from other parts of the Tethyan realm (e.g., [2,12]). Finally, this new age date helps also to refine the dating of  $\delta^{13}\text{C}$  references curves from the Tethyan realm.

## 2. Geographical and geological setting

In the Helvetic realm, the Barremian stage is characterized by the deposition of two distinct formations: the Drusberg Fm. and the Schrattenkalk Fm. (Fig. 2). In proximal settings, the Drusberg Fm. is divided into two members (Mb.): the Altmann Mb. and the Drusberg Mb. (e.g., [8,9]). In the distal part of the Helvetic platform, and particularly in the Alvier region, Briegel [5] divided the Drusberg Mb. into four members by adding two further members to the top of the Drusberg Mb.: the Chopf

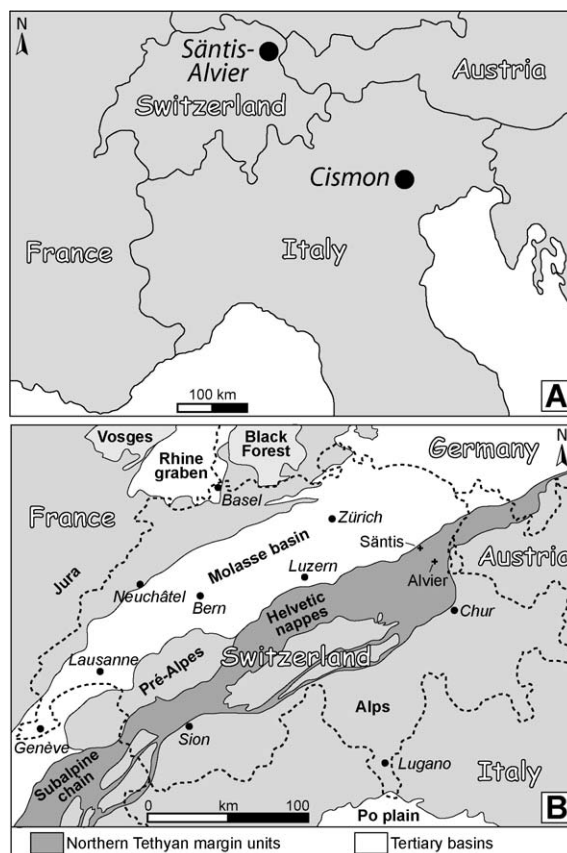


Fig. 1. Location of the different mentioned sections. (A) Location of the Cision APTICORE drilling and the Sântis and Alvier regions (modified after [14]). For a precise location of Cision, see [6]. (B) Tectonic map of Switzerland with the location of the Helvetic realm (dark grey colored) and the Sântis and Alvier regions. For a precise location, see [5,8].

Fig. 1. Localisation des différentes coupes mentionnées. (A) Localisation du forage de Cision APTICORE et des régions du Sântis et de l'Alvier (modifié d'après [14]). Pour une localisation précise de Cision, se reporter à [6]. (B) Carte tectonique de la Suisse, avec l'emplacement du domaine Helvétique (gris foncé), ainsi que des régions du Sântis et de l'Alvier. Pour une localisation précise, se reporter à [5,8].

Mb. and the Hurst Mb. (Fig. 2). The Chopf Mb. represents a thin and glauconite-rich interval, for which no equivalent exists in the more internal part of the Helvetic shelf, whereas the Hurst Mb. consists of a marly succession that Briegel [5] considered as a distal equivalent of the lower part of the Schrattenkalk Fm. According to this author, these two latter members are dated to the 'Middle Barremian', without any further precision.

## 3. Sedimentology and biostratigraphy

The Chopf Mb. was logged and sampled at Barbielergrat, 1 km northeast of Alvier, eastern Switzer-

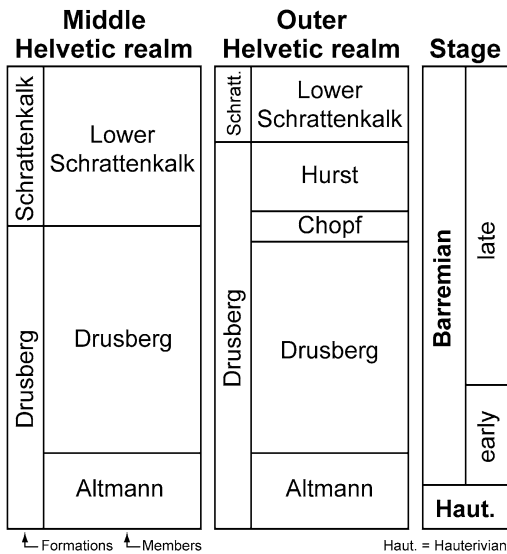


Fig. 2. Barremian Formations and Members from the middle and outer Helvetic shelf.

Fig. 2. Formations et membres du Barrémien du domaine Helvétique proximal et distal.

land (Swiss coordinates: 750.650/220.075; [5,14]). At this locality, this member is composed of four principal beds and reaches a total thickness of approximately 2 m; it is under- and overlain by marly beds corresponding to the Drusberg Mb. and to the Hurst Mb., respectively (Fig. 3). The base of the Chopf Mb. is well-defined and marked by the presence of up to 10-cm-thick *Thalassinoides* burrows. The basal bed is composed of a spicule-rich limestone, whereas the three following beds are characterized by carbonate rich in intraclasts, echinodermal debris, and isolated phosphatized particles. Glaucony is present in the first two beds, and abundant in the third bed. At the base of the third bed, both phosphatized pebbles and fossils, as well as numerous belemnites, are abundant.

Among these nodules, four well-preserved phosphatized ammonites have been found (Fig. 3). Two of them are identified as *Hemihoplitidae* sp., whereas the two others are identified as *Ezeiceras* aff. *janus* and *Hemihoplites* sp. aff. *limentinus* (Fig. 4). This assemblage allows the attribution of the Chopf Mb. to the middle Late Barremian; more precisely, from the latest *Heinzia Sayni* and the first half of the *Gerhardtia sartousiana* zones (e.g., [12,13]).

#### 4. Discussion

The newly obtained age of the Chopf Mb. allows us to discuss the chronostratigraphic evolution of Late

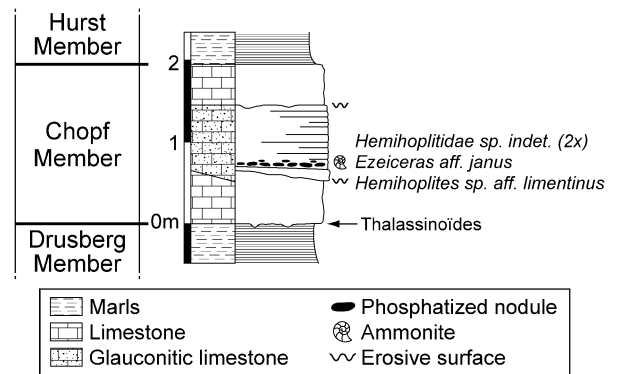


Fig. 3. Sedimentary log of the Chopf Mb. at the Barbielergrat locality.

Fig. 3. Colonne sédimentaire du membre du Chopf au lieu-dit du Barbielergrat.

Barremian sediments distribution in the Helvetic realm, and also to refine correlations between  $\delta^{13}\text{C}$  reference curves for this particular section, published by Wissler et al. [14], and other settings in the Tethyan realm.

The presence of glaucony and phosphate within the Chopf Mb. relates its origin to a period of condensation during high sea level, even if subsequent sediment reworking and transport by gravity flow cannot be excluded. This horizon may therefore correspond to a maximum flooding surface (mfs) deposit. In the western Tethyan realm, the presence of a major mfs has been identified in sediments corresponding in age to the middle of the *G. sartousiana* zone (the Ba3 mfs; [1,2]). Hence, we propose that this horizon corresponds in time to the Ba3 mfs.

Bodin et al. [3] have observed that the transition between the Drusberg Fm. and the Schrattekalk Fm. in more proximal areas of the Helvetic shelf (Tierwis section, Säntis region) corresponds equally to the Ba3 mfs. Indeed, they dated the boundary between the Altmann Mb. and Drusberg Mb. as middle *C. darsi* zone and associated it to a mfs (mfs Ba2). The sediments of the Drusberg Mb. are characterized by a regressive trend followed by a transgressive trend, which are attributed to the Ba2 highstand and the Ba3 transgressive systems tract, respectively. On top of the Drusberg Fm., the basal part of the Lower Schrattekalk Mb. is characterized by a regressive trend that can be associated with the Ba3 highstand systems tract. The Drusberg–Schrattenskalk boundary may thus correspond to the Ba3 mfs.

The Chopf Mb. may therefore represent a distal time-equivalent of the sediments associated with the transition between the Drusberg Fm. and Schrattekalk Fm. of more proximal areas. Hence, in distal areas of the Helvetic shelf, the onset of the Lower Schrattekalk Mb.

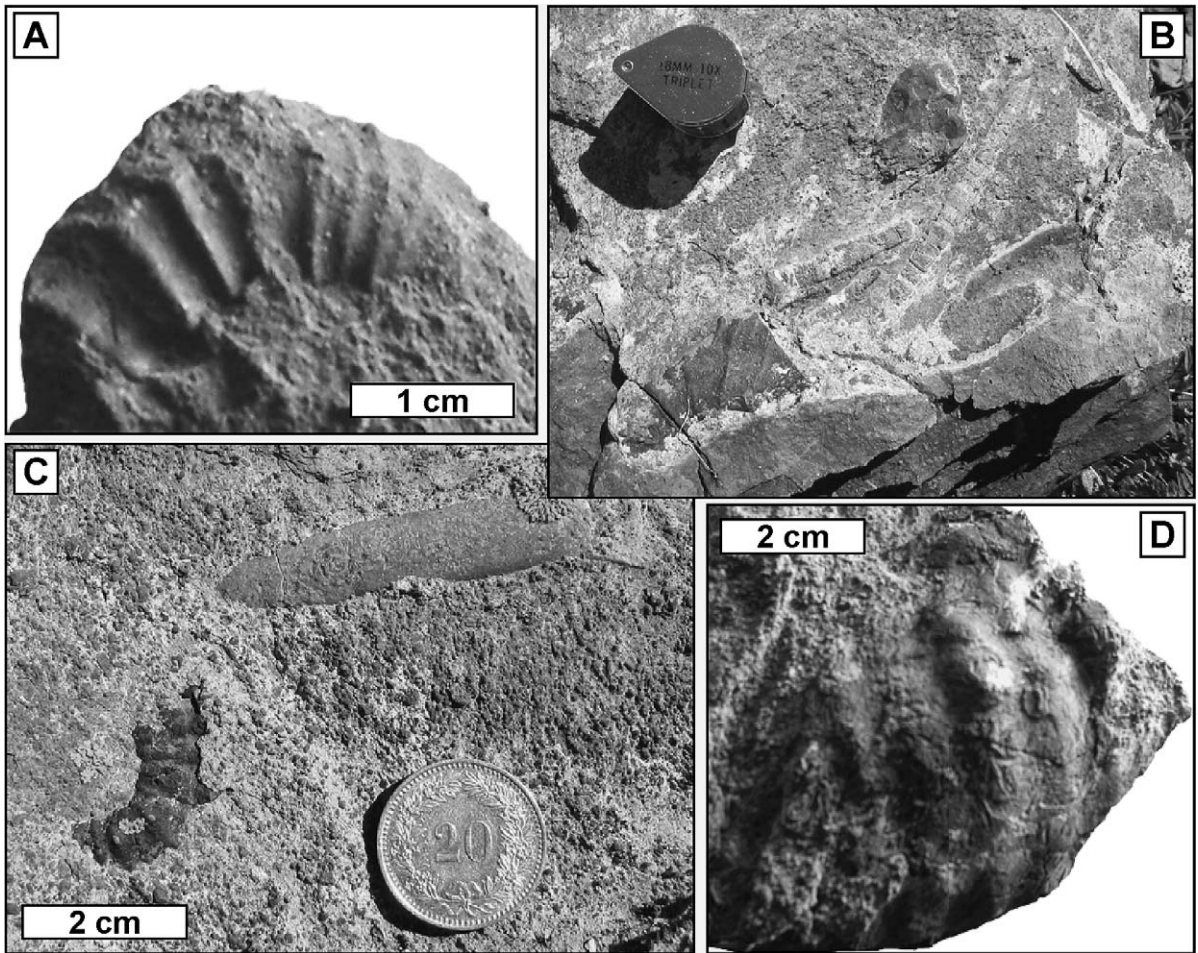


Fig. 4. Photographs of the ammonites of the Chopf Mb. (A) and (B) *Hemihoplitidae* sp. (C) *Ezeiceras* aff. *janus*. (D) *Hemihoplites* sp. aff. *limentinus*.  
 Fig. 4. Photographies des ammonites dans le membre du Chopf. (A) et (B) *Hemihoplitidae* sp. (C) *Ezeiceras* aff. *janus*. (D) *Hemihoplites* sp. aff. *limentinus*.

– separated from the Chopf Mb. by the Hurst Mb. – is therefore younger than in more proximal areas, which is related to the time-transgressive progradation of the ‘Urgonian’ platform during the Latest Barremian in the Helvetic realm (Fig. 5; e.g., [4]).

The maximal age obtained here for the onset of the Schratenkalk Fm. is in good agreement with the onset of the Urgonian facies in other parts of the western Tethyan realm, and especially in the Vercors area (e.g., [2]). This underlines the close relationships between the sedimentary histories of the areas of the northern Tethyan margin, which now are part of France and Switzerland.

Wissler et al. [14] published a high-resolution  $\delta^{13}\text{C}$  curve for the Alvier region, showing two positive shifts for the Late Barremian. The Chopf Mb. is situated ex-

actly in the middle of these two positive shifts (Fig. 6). With the new precise age date for the Chopf Mb., it appears that the first positive shift is older than the *G. sartousiana* zone. According to the new age dates for the lower and upper boundaries of the Altmann Mb. by Bodin et al. [3] and the corresponding maximal age for the base of the Drusberg Mb. (*C. darsi* zone), this first shift may be dated as early Late Barremian (*H. uhligi*–*H. sayni* zone).

In the Italian Cison APTICORE drilling, the Late Barremian is also characterized by two positive shifts [6]. In the case these two shifts are correlated with the two excursions observed by Wissler et al. [14] in the Alvier region (Fig. 6), the older shift in Cison – where precise ammonite stratigraphy is lacking – would also correspond to the early Late Barremian.

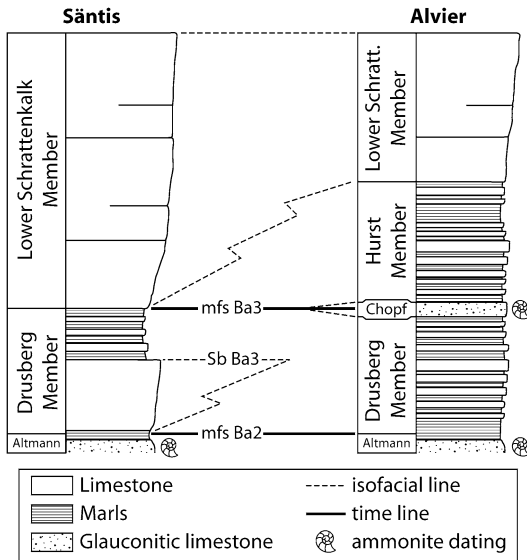


Fig. 5. Synthetic sedimentary columns from the Sântis and the Alvier regions showing the diachronous onset of the Lower Schrattekalk Mb. and the subsequent progradation of the Helvetic margin during the Late Barremian.

Fig. 5. Colonnes sédimentaires synthétiques des régions du Sântis et de l'Alvier. On peut y voir l'installation diachronique du Mb. inférieur du Schrattekalk et la progradation de la marge Helvétique qui s'ensuit durant le Barrémien supérieur.

## 5. Conclusions

The glaucony-rich and phosphate-bearing Chopf Mb. (Helvetic zone, eastern Switzerland) is dated from the *Gerhardtia sartousiana* ammonite zone (middle Late Barremian) and its formation may be linked to the maximum flooding surface Ba3. This new age date indicates that the overlying Schrattekalk Fm. – equivalent of Urgonian carbonates in other parts of the Tethyan realm – is younger than the *G. sartousiana* zone in distal parts of the Helvetic shelf. In inner parts of the shelf, using sequence-stratigraphic arguments, the onset of the Schrattekalk Fm. dates as *G. sartousiana* zone. This dichotomy underlines the progradation of the distal Helvetic platform margin during the Late Barremian.

## Acknowledgements

The authors acknowledge Urs Oberli and Ueli Briegel for their help in the field and André Villard (Uni Neuchâtel) for the preparation of thin sections. We thank two anonymous reviewers for their constructive criticism of the manuscript. Financial support from the Swiss National Science Foundation (projects 2100-067807/1 and 200020-105206/1) is gratefully acknowledged.

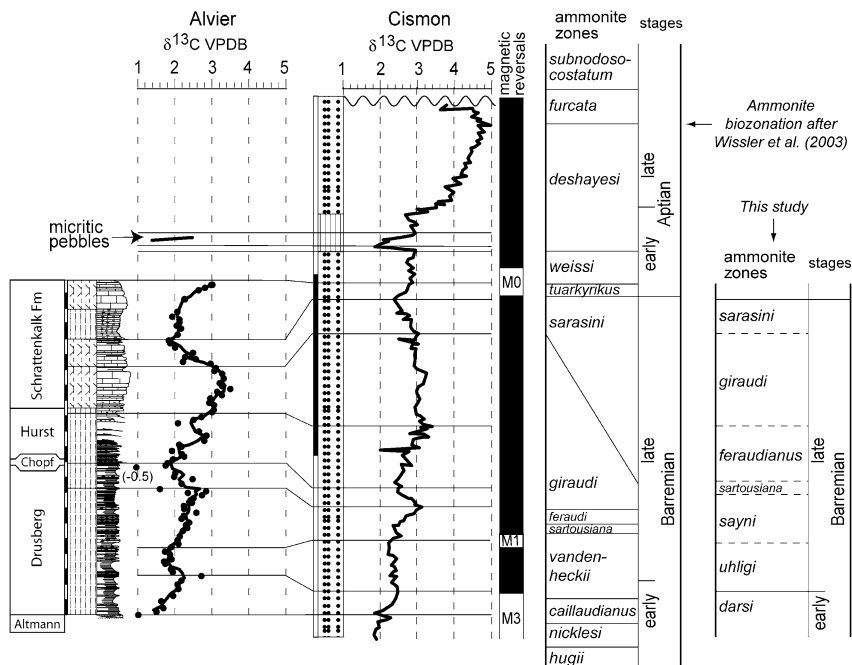


Fig. 6. Carbon isotope correlation between the Alvier region and the Cision APTICORE drilling (figure modified from [14], after the results of [6,14]), and proposition of a new biostratigraphic framework after the results from [11] and this study.

Fig. 6. Corrélation des courbes isotopiques du carbone entre la région d'Alvier et le forage de Cision APTICORE (figure modifiée d'après [14], d'après les résultats de [6,14]), ainsi que la proposition d'une nouvelle zonation biostratigraphique résultant des travaux de cette note et de [11].

## References

- [1] H. Arnaud, Sequence stratigraphy interpretation, in: T. Adatte, A. Arnaud-Vanneau, H. Arnaud, et al. (Eds.), *The Hauterivian–Lower Aptian sequence stratigraphy from Jura platform to Vercantian basin: a multidisciplinary approach*, *Geol. Alpine, série spéciale Colloques et Excursions 7* (2005) 174–179.
- [2] H. Arnaud, A. Arnaud-Vanneau, M.-C. Blanc-Aletru, T. Adatte, M. Argot, G. Delanoy, J.-P. Thieuloy, J. Vermeulen, A. Virgone, B. Virlouvet, S. Wermeille, Répartition stratigraphique des orbitolinidés de la plate-forme argonienne subalpine et jurassienne (SE de la France), *Geol. Alpine* 74 (1998) 3–89.
- [3] S. Bodin, A. Godet, J. Vermeulen, P. Linder, K.B. Föllmi, Biostratigraphy, sedimentology and sequence stratigraphy of the Latest Hauterivian–Early Barremian drowning episode of the northern Tethyan margin (Altmann Member, Helvetic nappes, Switzerland), *Ecol. Geol. Helv.*, in press.
- [4] D. Bollinger, Die Entwicklung des distalen osthelvetischen schelfs im Barremian und Früh-Aptian. Drusberg-, Mittagspitz- und Schrattekalk-Fm. im Vorarlberg und Allgäu. Mitteilungen aus dem Geologischen Institut der Eidg. Technischen Hochschule und der Universität Zürich, Neue Folge Nr. 259a, 1988 (159 p.).
- [5] U. Briegel, Geologie der östlichen Alviergruppe (Helvetische Decken der Ostschweiz) unter besonderer Berücksichtigung der Drusberg- und Schrattekalkformation (Unterkreide), *Ecol. Geol. Helv.* 65 (2) (1972) 425–483.
- [6] E. Erba, J.E.T. Channell, M. Claps, C.E. Jones, R.L. Larson, B. Opdyke, I. Premoli-Silva, A. Riva, G. Salvini, S. Torricelli, Integrated stratigraphy of the Cismon APTICORE (Southern Alps, Italy): A ‘reference section’ for the Barremian–Aptian interval at low latitudes, *J. Foram. Res.* 29 (4) (1999) 371–391.
- [7] K.B. Föllmi, H. Weissert, M. Bisping, H. Funk, Phosphogenesis, carbon-isotope stratigraphy, and carbonate-platform evolution along the Lower Cretaceous northern Tethyan margin, *Geo. Soc. Am. Bull.* 106 (1994) 729–746.
- [8] H. Funk, Typusprofile der helvetischen Kieselkalk Formation und der Altmann Schichten, *Ecol. Geol. Helv.* 62 (1) (1969) 191–203.
- [9] H. Funk, Zur Stratigraphie und Lithologie des Helvetischen Kieselkalkes und der Altmansschichten im der Säntis-Churfürsten-Gruppe (Nordostschweiz), *Ecol. Geol. Helv.* 64 (2) (1971) 345–433.
- [10] H. Funk, K.B. Föllmi, H. Mohr, Evolution of the Tithonian–Aptian carbonate platform along the northern Tethyan margin, eastern Helvetic Alps, in: J.A.T. Simo, R.W. Scott, J.-P. Masse (Eds.), *Cretaceous Carbonates Platforms*, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, OK, USA, 1993, pp. 387–407.
- [11] A. Godet, S. Bodin, K.B. Föllmi, J. Vermeulen, S. Gardin, N. Fiet, T. Adatte, Z. Berner, D. Stüben, B. Van de Schootbrugge, Evolution of the marine stable carbon-isotope record during the Early Cretaceous: A focus on the Late Hauterivian and Barremian in the Tethyan realm, *Earth Planet. Sci. Lett.* 242 (2006) 254–271.
- [12] J. Vermeulen, Étude stratigraphique et paléontologique de la famille des Pulchelliidae (Ammonoidea, Ammonitina, Endemocerataceae), *Geol. Alpine, Mémoire H.S. n° 42*, France, 2002 (333 p.).
- [13] J. Vermeulen, Boundaries, ammonite fauna and main subdivisions of the stratotype of the Barremian, in: T. Adatte, A. Arnaud-Vanneau, H. Arnaud, et al. (Eds.), *The Hauterivian–Lower Aptian sequence stratigraphy from Jura platform to Vercantian basin: a multidisciplinary approach*, *Geol. Alpine, série spéciale Colloques et Excursions 7* (2005) 147–173.
- [14] L. Wissler, H. Funk, H. Weissert, Response of Early Cretaceous carbonate platforms to changes in atmospheric carbon dioxide levels, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 200 (1–4) (2003) 187–205.