

Paléontologie générale (Paléoécologie)

# Les constructions coralliennes du Badénien (Miocène moyen) de la bordure occidentale de la dépression de Transylvanie (Roumanie)

Jean-Paul Saint Martin<sup>a,\*</sup>, Didier Merle<sup>a</sup>, Jean-Jacques Cornée<sup>b</sup>,  
Sorin Filipescu<sup>c</sup>, Simona Saint Martin<sup>a,d</sup>, Ioan I. Bucur<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Muséum national d'histoire naturelle, département « Histoire de la Terre », UMR 5143 Paléobiodiversité et paléoenvironnements, 8, rue Buffon, 75005 Paris, France*

<sup>b</sup> *Université Lyon-1, UMR 5125 Paléoenvironnements & Paléobiosphère, 27, boulevard du 11 Novembre, 69622 Villeurbanne cedex, France*

<sup>c</sup> *Universitatea Babeş-Bolyai, bd Kolganiceanu, Cluj-Napoca, Roumanie*

<sup>d</sup> *Universitatea Bucureşti, Laboratorul de Paleontologie, bd Balcescu 1, Bucureşti, Roumanie*

Reçu le 5 avril 2006; accepté le 6 mai 2006

Disponible sur Internet le 27 novembre 2006

Rédigé à l'invitation du Comité éditorial

## Résumé

La formation de Gîrbova de Sus (Ouest de la dépression de Transylvanie), d'âge Badénien (Miocène moyen), transgressive sur le substratum, correspond à une plate-forme carbonatée, riche en algues. Pour la première fois y sont décrites des constructions coralliennes, regroupées en cinq types principaux, marquant des étapes du développement de la plate-forme selon un dispositif rétrogradant. Les assemblages coralliens, dominés par des Faviidae et par *Porites*, forment des édifices immatures sans zonation marquée. Leur ampleur assez inhabituelle et leur situation paléogéographique témoignent de la généralisation des conditions à caractère subtropical et de la complexité des connexions caractérisant la Paratéthys. **Pour citer cet article : J.-P. Saint Martin et al., C. R. Palevol 6 (2007).**

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## Abstract

**The Badenian (Middle Miocene) coral build-ups of the western border of the Transylvanian Basin (Romania).** The Badenian (Middle Miocene) Gîrbova de Sus Formation rests upon the basement in a transgressive trend (West of the Transylvanian depression). For the first time, an algal-rich carbonate platform with coral build-ups is described in this area. These build-ups underline clearly a retrograding sequence. The coral assemblage is dominated by Faviidae and *Porites* colonies. Five types of coral build-ups without any zonation are distinguished. Their unusual width and their palaeogeographical situation testify to the generalization of subtropical conditions and the complexity of the marine connections in the Paratethian area. **To cite this article: J.-P. Saint Martin et al., C. R. Palevol 6 (2007).**

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

**Mots clés :** Récifs coralliens ; Paléoenvironnements ; Miocène ; Badénien ; Paratéthys ; Roumanie

**Keywords:** Coral build-ups; Paleoenvironments; Miocene; Badenian; Paratethys; Romania

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [jpsmart@mnhn.fr](mailto:jpsmart@mnhn.fr) (J.-P. Saint Martin).

## Abridged English version

### Introduction

Since the Oligocene, the Paratethian area represents a northern appendix of the Tethys covering a wide part of central and eastern Europe. During the Miocene, this marine area is subdivided in multiple basins with complex connections. This peculiar palaeogeographical situation supported the definition of local Miocene stages, whose precise correlations with Mediterranean stages is sometimes delicate to establish.

The presence of hermatypic scleractinians in the Badenian (Langhian to Lower Serravalian) deposits is documented in several Miocene basins of Romania, but only with sparse indications. Recent investigations on the western edge of the Transylvanian depression allowed the discovery of important coral constructions within a littoral carbonate platform of Leithakalk type. This work proposes the first detailed description of Badenian coral build-ups from Romania. It allows identifying the main environmental parameters according to the evolution of the Paratethian littoral environments.

### Geological setting

On a Mesozoic substratum, the Badenian sedimentation of the western edge of the Transylvanian Basin (Fig. 1A) is represented by the marine deposits of the Cîmpie Group (Fig. 1B and C). The Early Badenian corresponds to the Leithakalk-like Gîrbova de Sus Formation [6,16,31], transgressive on the ophiolitic complex of the Trascău Mountains. They are followed by gypsum and salts of the Middle Badenian Cheia Formation. Sedimentation ends by the transgressive marls with radiolarians and *Spirialis* (Gastropoda: Pteropoda) of the Late Badenian Pietroasa Formation.

The Gîrbova de Sus Formation is distributed on 40 km along the edge of the Trascău Mountains, with a maximum thickness of 35–40 m (Fig. 1B). The sedimentation corresponds to a littoral carbonate platform with a dominant bioclastic and algal material. It can be influenced by detrital contributions. The standard section of the Gîrbova de Sus Formation shows two principal units [4–6,11]. The lowest unit corresponds to the development of a platform characterized by the eastward progradation of sigmoidal bodies. It is composed of detrital clinofolds intercalated with bioclastic and algal limestones. In distal position, clays contain abundant foraminifers studied by Filipescu [4,5]. The uppermost retrograding unit mainly includes bioclastic and algal limestones.

Near Podeni, the Gîrbova de Sus Formation consists of more homogeneous carbonated facies. Sedimentation is first represented by an alternation of built limestones with rhodolites and algal encrustations and with bioclastic limestones, whose geometry is not easy to define. The uppermost part (Fig. 2) is clearly retrograding on the Cretaceous ophiolites and contains coral build-ups.

### Coral build-ups near Podeni

Coral build-ups developed near the contact with the ophiolitic basement. According to the palaeomorphology, they are staged following three retrograding levels (called R1 to R3 since the base), with a visible cumulated thickness of about 15 m (Fig. 2). Above these corals levels, the platform sedimentation consists of a succession of bedded limestones with rhodolites and encrustations of red algae, and bioclastic limestones locally rich in *Halimeda* articles.

Five types of build-ups containing scleractinians are listed here (Fig. 3):

- type A, plurimetric masses with chaotic organization consisting of bulbous to massive *Porites* colonies and more dispersed colonies of Faviidae (R1,R3);
- type B, metric patches of dominant columnar colonies (Fig. 4) of Faviidae (R2);
- type C, columnar sets of Faviidae colonies organized in benches of 1–2-m height, with a plane top surface and with a lateral extension of 5–20 m (R2);
- type D, metric masses with loose framework composed of both thick finger-like and covering *Porites* colonies (R1);
- type E, compact metric masses poorly organized, with rhodolites, vermetids and scattered coral colonies (R1), the whole being affected by an intense boring activity of bivalves (*Lithophaga*).

These various types can pass from one to the other, in particular in R1 and R2. The lateral coeval deposits are not always well outcropping. However, on the level of R2, the patches and benches are interrupted by bioclastic limestones beds showing the local character of these build-ups, which generate morphological anomalies of low amplitude within the platform.

In most of the build-ups, micritic crusts develop on the coral substrate and within the infilling sediment. These crusts, centimetric to pluricentimetric in thickness, are characterized by a very homogeneous micrite. They can constitute low domal morphologies. The crust growth is

generally underlined by a bioclastic or detrital grains. These structures are similar to the intra-reefal microbial crusts known in the Recent and Miocene reefs, as in Badenian reefs of Hungary [30].

The poor preservation of the scleractinians allows identification only at the generic or the familial levels: *Tarbellastraea* sp., *Heliastrea* sp., *Favites* sp., *Porites* sp. and Mussidae. *Tarbellastraea* and *Porites* are the dominant taxa.

The associated fauna, also poorly preserved, characterizes a bottom rich in rocky substrates and cave habitats [10,15,18,21]. Gastropods are represented by *Haliotis tuberculata*, Trochidae, *Neritopsis moniliformis*, *Vermetus (Serpulorbis) arenarius*, *Conus* sp., and Bivalves *Acar clathrata*, *Chlamys* sp., *Chama* cf. *gryphoides*, *Codakia leonina*, *Cardita* cf. *crassa* and *Lithophaga lithophaga*.

In the same area, we have also listed more discrete coral build-ups. Near Pietroasa (Fig. 1B), above the basal sands, a detrital metric level also contains rhodolites and some *Tarbellastrea* colonies. Then, the Badenian deposits consist of a succession of bioclastic limestones, algae and *Heterostegina* rich layers. Near Lopadea Veche (Fig. 1B), the lowest part of the platform, composed by marls rich in red algae, bears a weak dip towards the east, corresponding to a progradant unit, as in Gîrbova de Sus. It is surrounded by a more compact level, around 50 cm thick, containing scarce lamellar *Porites* colonies, and massive colonies of *Tarbellastraea*, *Heliastrea* and Mussidae. Previous works [16,17] mentioned, near Pietroasa and Lopadea Veche, some coral species (*Favia magnifica*, *Explanaria astroides*, *Heliastrea conoidea*, *Cladangia conferta*), without more details considering their sedimentary situation and the colonial morphologies.

### Discussion

It is difficult to consider the coral build-ups of the eastern edge of the Transylvanian Basin as participants in a true reef dynamic. They are fully integrated in the development of an algal carbonate platform, in littoral position and near the basement. At Podeni, the coral levels show neither any classical zonation (back-reef, flat-reef, fore-reef), nor reef front. In the same way, no internal zonation is detectable. The same observation was made by Riegl and Piller [27] about Badenian coral build-ups from Austria. In the type locality of the Leithakalk facies, these authors define two types of scleractinian build-ups, without true reefs. The first type, called ‘carpet’ with respect to Recent build-ups [25,26], is constituted by a more or less dense coral

framework, reaching sometimes 2 m in thickness. It may be linked to the old concept of biostrome. The second type corresponds to coral communities without a true constructed framework. At Podeni, the outcropping conditions do not allow us to observe the continuity of the coral levels in a more distal position. It seems however that build-ups are organized here in individualized masses (patches or benches) and extending levels (‘carpets’ or biostromes). Such patches, constituting another type of build-up, have been also described in the Early Badenian of Poland [9], Hungary [30], or Austria, in the Vienna Basin [7,8]. In the other sites of the western edge of Transylvania, the coral colonies appear to be more dispersed on detrital, bioclastic or algal substrates and do not constitute continuous framework, in spite of a high density (personal observations). They are corresponding to the second type of Riegl and Piller [27].

The occurrence of Badenian hermatypic corals was mentioned in several Miocene basins of Romania (Fig. 1): Bahna Basin [19], Zarand Basin [20], Beiuş Basin [22], Mehadia Basin [12,24], Mureş Corridor [3]. As in the studied area, the list of coral species clearly reveals the predominance of the genera *Tarbellastraea* and *Heliastrea*, but it is quite possible that the importance of *Porites* was often underestimated. Although the development degree of colonies and their possible contribution to build-ups cannot be clearly established, this distribution, in intramontaneous corridors or basins, stresses a complex palaeogeography [28,29], especially in the Carpathic domain. Moreover, it constitutes an excellent proxy for the reconstruction of Badenian shoreline and depth.

At the Paratethian scale, coral colonies and/or coral build-ups are also known in other areas and were listed by Pisera [23]. Recently, new data and interpretations were brought from Hungary [30], Poland [9] and Austria [27]. In the whole Paratethys, the characteristics of coral build-ups seem very homogeneous: (1) coral communities dominated by the Faviidae (*Tarbellastraea*, *Antiguastrea*, *Heliastrea* and *Palaeoplesiastrea*) and by the genus *Porites*; (2) integration in carbonate platforms of Leithakalk type; (3) rather immature build-ups (coral beds, patches, carpets) without reefal zonation; (4) active contributions of microbial crusts. A major part of these build-ups are of Early Badenian age as in Romania, according to the climatic optimum that characterizes this period in the Paratethys [1–3,13,14]. The retrograding geometry of build-ups on the edge of the Transylvanian Basin confirms their integration in a transgressive general trend, also described in Poland [9].

## Conclusion

Badenian coral build-ups of rather unusual dimensions in Romania are here described for the first time from the western edge of the Transylvanian depression. The analysis of the geometry, of the building processes, and of the associated faunas allows new insights into the coral phenomenon in Paratethian Sea :

- no obviousness of true reefs is observable; the coral colonies characterize either coral communities without extended framework or metric to plurimetric build-ups (patches, benches) closely integrated in the development of carbonate platforms;
- the most important coral build-ups are established near the palaeorelief and underline a retrograding system during the successive transgressive steps of the Badenian sedimentation;
- it is to stress the apparent contrast between poor biodiversity of Leithakalk-like platforms and the great richness of the non-framework coral communities with well-preserved subtropical fauna. It thus appears necessary to re-examine the taxonomic contents of these platforms;
- the broad distribution of the coral communities and their associated faunas in the Early Badenian shows free marine communications in a very complex palaeogeographic framework, and homogeneous subtropical conditions through the whole Paratethian area.

## 1. Introduction

À partir de l'Oligocène, la Paratéthys représentait une annexe septentrionale de la Téthys, couvrant une grande partie de l'Europe centrale et de l'Europe de l'Est. Elle communiquait avec la Méditerranée et l'océan mondial par des passages aux tracés variables, déterminés par l'évolution de divers domaines structuraux [24]. Au Miocène, ce domaine marin se morcelle en de multiples bassins, aux connexions complexes. Cette situation paléogéographique particulière a favorisé la définition d'étages locaux du Miocène, dont l'équivalence avec des étages méditerranéens est parfois délicate à établir.

La présence de scléactiniaires hermatypiques dans les dépôts du Badénien (équivalent du Langhien et d'une partie du Serravallien) a été déjà signalée dans plusieurs bassins miocènes de Roumanie, mais ces indications fragmentaires permettent rarement d'appréhender le contexte dynamique ou de déterminer les processus de construction corallienne. De récentes investigations sur la bordure occidentale de la dépression de Transylvanie

ont permis la découverte de constructions coralliennes conséquentes au sein d'une plate-forme carbonatée littorale, correspondant au faciès de type Leithakalk. Le présent travail se propose d'apporter, pour la première fois, une description détaillée de constructions coralliennes du Badénien de Roumanie, d'en déterminer les principaux paramètres environnementaux et de les replacer dans le cadre de l'évolution des environnements littoraux paratéthysiens.

## 2. Cadre géologique de l'étude

### 2.1. La sédimentation miocène sur la bordure occidentale du bassin de Transylvanie

La sédimentation du Badénien de la bordure occidentale du bassin de Transylvanie (Fig. 1A), établie sur un substratum mésozoïque, est représentée par les formations marines du groupe de Cîmpie (Fig. 1B,C). Le Badénien inférieur correspond à la formation de Gîrbova de Sus [6], de nature carbonatée et transgressive sur les produits volcaniques du complexe ophiolitique (Jurassique) des monts Trascău. Ces dépôts sont classiquement rattachés au faciès Leithakalk [16,31]. Ils sont surmontés par les gypses et les sels de la formation de Cheia, du Badénien moyen. La sédimentation se termine par les marnes transgressives à radiolaires et *Spirialis* (Gastropoda : Pteropoda) de la formation de Pietroasa, datée du Badénien supérieur.

### 2.2. La plate-forme carbonatée badénienne

Les dépôts de la formation de Gîrbova de Sus, d'une puissance maximale de 35–40 m, se répartissent sur une quarantaine de kilomètres, le long de la bordure des monts Trascău (Fig. 1B). La sédimentation est de type plate-forme carbonatée littorale, où dominent les composants bioclastiques et algaires, influencée cependant localement par des apports détritiques. La coupe-type de la formation, à Gîrbova de Sus, montre deux principaux ensembles [4–6,11]. La partie inférieure correspond au développement d'une plate-forme à composante déritique (galets, graviers, sables), intercalée de calcaires bioclastiques et algaires. Elle est caractérisée par la progradation, en direction de l'est, de corps sigmoïdaux, dont l'inclinaison maximale atteint la vingtaine de degrés. En position distale, les corps progradants s'enrichissent en argile et contiennent d'abondants foraminifères étudiés par Filipescu [4,5]. La deuxième partie, rétrogradante, est constituée de calcaires bioclastiques et algaires, renfermant des niveaux riches en hétérostégines.

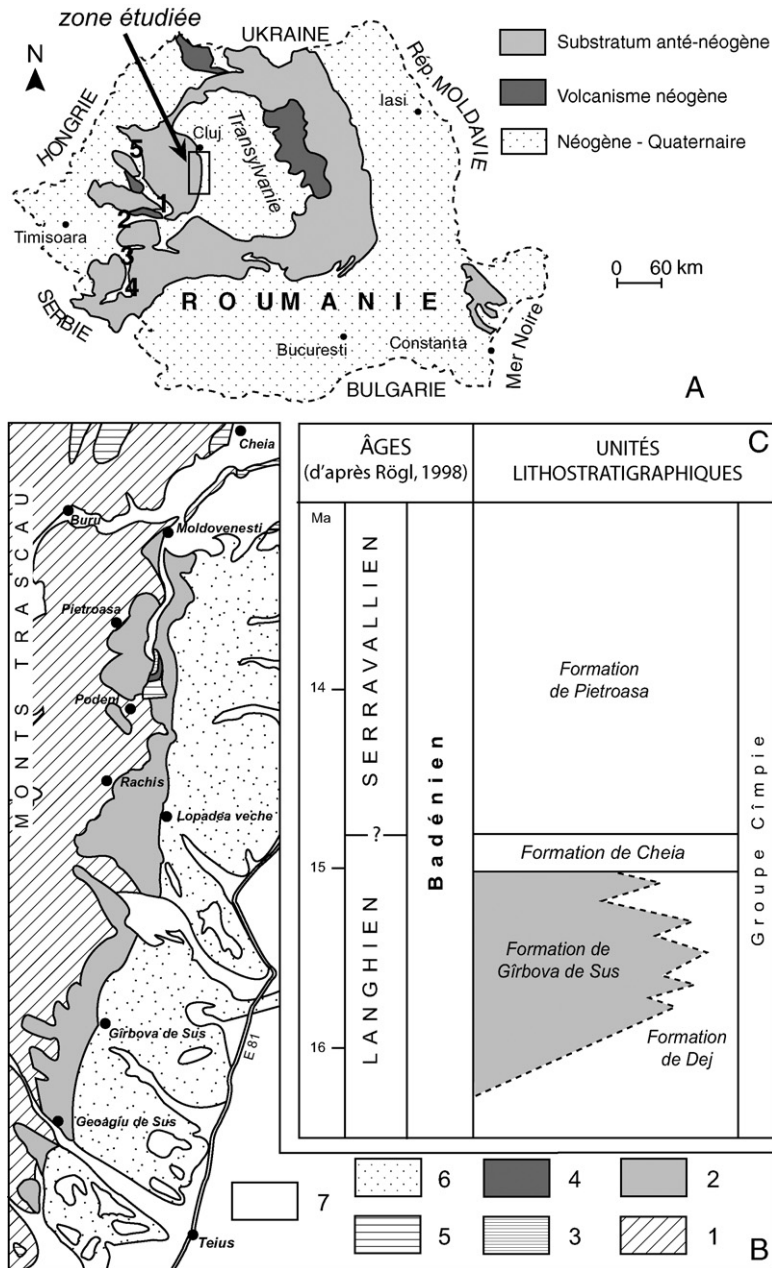


Fig. 1. (A) Carte simplifiée de Roumanie et situation du secteur d'étude : 1, bassin Zarand ; 2, couloir du Mureş ; 3, bassin de Bahna ; 4, bassin de Mehadia ; 5, bassin de Beiuş. (B) Carte géologique simplifiée du secteur d'étude (d'après [4]). (C) Unités lithostratigraphiques de la bordure orientale de la Transylvanie (d'après [4]) : 1, substratum anté-néogène ; 2, Badénien, formation de Gîrbova de Sus ; 3, Badénien, formation de Cheia ; 4, Badénien, formation de Pietroasa ; 5, Sarmatien ; 6, Pannonien ; 7, Quaternaire.

Fig. 1. (A) Geographical and geological setting: 1, Zarand basin; 2, Mureş corridor; 3, Bahna Basin; 4, Mehadia Basin; 5, Beiuş Basin. (B) Simplified geological map of the studied area (after [4]). (C) Lithostratigraphical units of the western border of the Transylvanian Basin (after [4]): 1, Ante-Neogene basement; 2, Badenian, Gîrbova de Sus Formation; 3, Badenian, Cheia Formation; 4, Badenian: Pietroasa Formation, 5, Sarmatian, 6, Pannonian, 7, Quaternary.

Dans le secteur de Podeni, la formation de Gîrbova de Sus apparaît plus homogène, sous des faciès essentiellement carbonatés, localement exploités en carrière. La sédimentation est d'abord représentée par une alter-

nance de calcaires construits à encroûtements algaires et rhodolites et de calcaires bioclastiques, dont la géométrie n'est pas aisée à définir. En revanche, le tiers supérieur (Fig. 2) présente nettement une géométrie rétrogradante



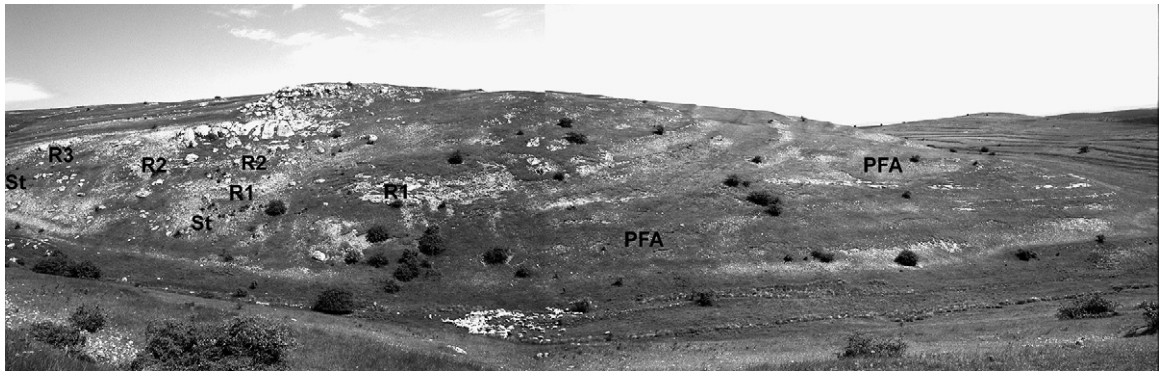


Fig. 2. Vue d'ensemble des affleurements avec les constructions coralliennes. R1 à R3 : niveaux coralliens; PFA : plate-forme à algues; st : substratum ophiolitique.

Fig. 2. Overall view of the outcrops with coral build-ups. R1 to R3: coral levels; PFA: algae-rich platform; St: ophiolitic basement.

(avec une translation des séquences sédimentaires vers le continent) sur les ophiolites du Crétacé et renferme les constructions coralliennes qui sont l'objet du présent travail.

### 3. Les constructions coralliennes du secteur de Podeni

#### 3.1. Géométrie

Les constructions coralliennes se sont développées presque au contact du substratum ophiolitique. En fonction de la paléomorphologie, elles s'étagent sur trois niveaux rétrogradants, dénommés R1 à R3 depuis la base (Fig. 2), avec une épaisseur cumulée visible d'une quinzaine de mètres. Au-dessus, la sédimentation de plate-forme se poursuit, avec des successions de calcaires lités à rhodolites et encroûtements d'algues rouges et de calcaires bioclastiques admettant des passées riches en articles d'*Halimeda*.

#### 3.2. Typologie des constructions coralliennes

Cinq types de constructions renfermant des scléractiniaires peuvent être recensés (Fig. 3):

- type A : masses plurimétriques à l'organisation assez confuse, riches en algues calcaires, dont la trame est constituée de colonies noduleuses à massives de *Porites* et de colonies plus dispersées de Faviidae (R1, R3);
- type B : pâtés métriques de colonies colonnaires de Faviidae (Fig. 4) dominantes (R2);
- type C : ensembles de colonies colonnaires de Faviidae, organisées en banquettes à sommet plan de 1–2 m de hauteur sur 5–20 m d'extension (R2);

- type D : masses métriques à trame lâche de colonies de *Porites* en doigts épais et de colonies en lames recouvrantes onduleuses, à matrice bioclastique abondante (R1);
- type E : masses métriques compactes peu organisées, à rhodolites, vermetes et colonies coralliennes éparses (R1), l'ensemble étant affecté par l'intense activité perforante de bivalves de type *Lithophaga*.

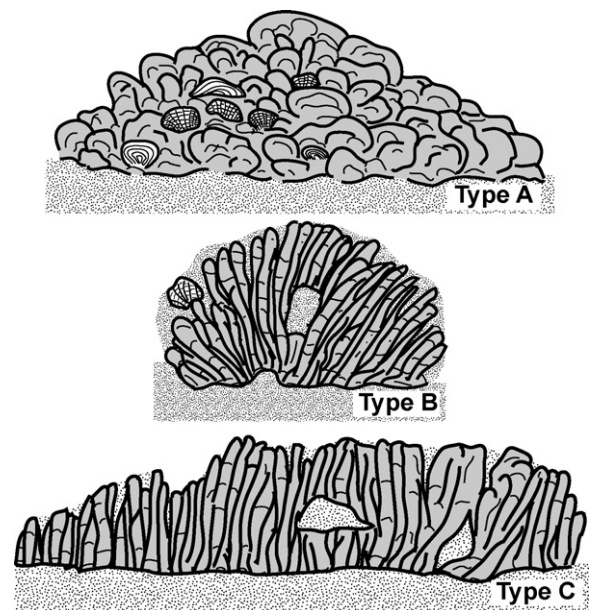


Fig. 3. Principaux types de constructions coralliennes. Type A : pâtés à colonies noduleuses à massives de *Porites* et colonies dispersées de Faviidae; type B : pâtés métriques de colonies colonnaires de Faviidae; type C : banquettes à sommet plan de colonies colonnaires de Faviidae. Fig. 3. Main types of coral build-ups. Type A: patch-reefs consisting of bulbous to massive *Porites* colonies and dispersed colonies of Faviidae; type B: patches of dominant columnar colonies of Faviidae; type C: columnar sets of Faviidae colonies organized in benches with a plane top surface.



Fig. 4. Colonies colonnaires de *Tarbellastraea*.  
Fig. 4. Columnar colonies of *Tarbellastraea*.

Ces différents types peuvent passer de l'un à l'autre, notamment dans le R1 et le R2. Les dépôts latéraux aux constructions coralliennes ne sont pas toujours bien visibles à l'affleurement. Cependant, au niveau du R2, les pâtés et banquettes sont séparés par des calcaires bioclastiques lités, ce qui montre bien le caractère ponctuel de ces constructions, créant des anomalies morphologiques de faible amplitude au sein de la plate-forme.

Dans la plupart des constructions, des croûtes micritiques se développent aussi bien sur le substrat corallien qu'au sein du sédiment de remplissage. Ces croûtes, d'épaisseur centimétrique à pluricentimétrique, sont caractérisées par une micrite très homogène pouvant contenir quelques bioclastes isolés. Dans certains cas, elles constituent des morphologies en dômes peu élevés. La croissance de la croûte est généralement marquée par des alignements de bioclastes ou de matériel détritique. Ces structures évoquent les croûtes microbiennes intrarécifales connues aussi bien dans les récifs actuels que dans les récifs d'âge Miocène. Elles ont d'ailleurs déjà été signalées au sein de constructions coralliennes du Badénien de Hongrie [30].

L'état de conservation des scléactiniaires, essentiellement préservés sous forme de moules internes, ne

permet une identification qu'au rang du genre ou de la famille. Les taxons dominants identifiés sont les suivants : *Tarbellastraea* sp., *Heliastrea* sp., *Favites* sp., *Porites* sp. et *Mussidae*. *Tarbellastraea* et *Porites*.

### 3.3. Faune accompagnatrice

La faune accompagnatrice comprend essentiellement des mollusques, dont la liste est la suivante. **Gastéropodes** : *Haliotis tuberculata* Linnaeus, 1758, *Trochidae*, *Neritopsis moniliformis* Grateloup, 1832, *Vermetus (Serpulorbis) arenarius* (Linnaeus, 1758) et *Conus* sp.; **Bivalves** : *Acar clathrata* (Defrance, 1816), *Chlamys* sp., *Chama* cf. *gryphoides* Linnaeus, 1758, *Codakia leonina* (Bastérot, 1825), *Cardita* cf. *crassa* Lamarck, 1819 et *Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758). Ces mollusques sont généralement mal conservés, mais les empreintes externes, assez finement préservées, permettent une identification fiable (Figs. 5–6). L'association comprend des endobiontes (*Codakia* et *Cardita*), des épibiontes sessiles (*Vermetus*, *Acar*, *Chlamys* et *Chama*), un lithophage (*Lithophaga*) et des épibiontes vagiles (*Haliotis*, *Trochidae*, *Neritopsis* et *Conus*). L'ensemble évoque un paléoenvironnement rocheux avec des sédiments interstitiels, dans lequel pouvaient s'installer des formes fouisseuses. Les mollusques les plus fréquents sont *Haliotis* (Fig. 5) et *Neritopsis* (Fig. 6). *Haliotis* se rencontre fréquemment dans les récifs du Néogène européen (Tortonien de Crète, Messinien du Maroc et d'Algérie) (observations personnelles D.M. & J.-P.S.M.). L'abondance de *Neritopsis* à Podeni est plus intrigante. Dans l'Actuel

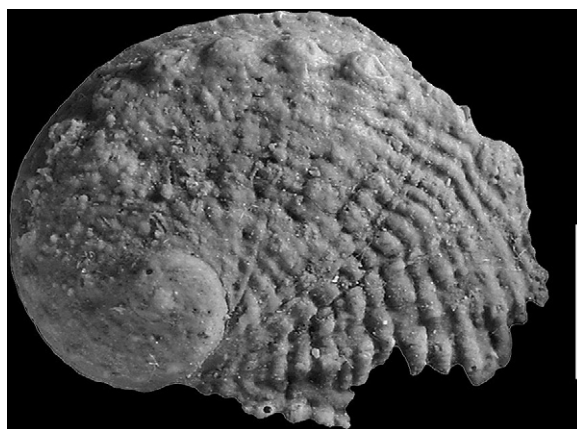


Fig. 5. Épibionte caractéristique de la faune associée aux constructions coralliennes. *Haliotis tuberculata*, moule d'empreinte en silicone d'élastomère. MNHN-A25436. Échelle : 5 mm.

Fig. 5. Epifaunal characteristic element of the associated fauna to the coral build-ups. *Haliotis tuberculata*, silicone rubber cast of the shell impression. MNHN-A25436. Scale bar: 5 mm.



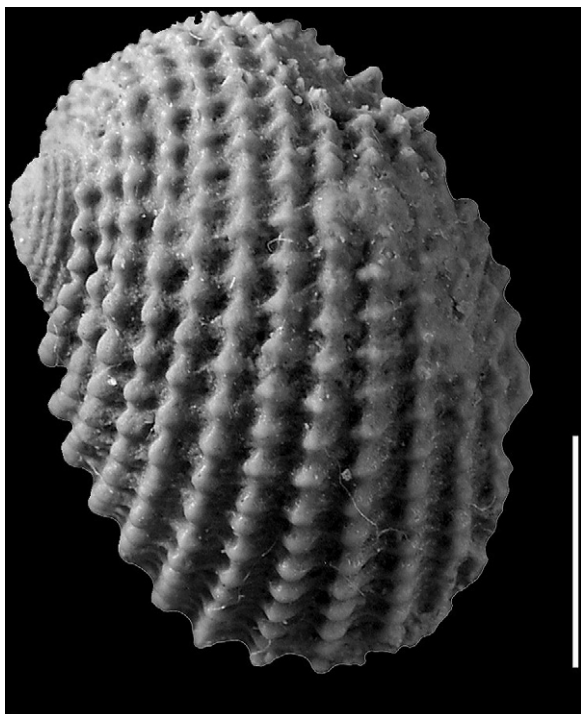


Fig. 6. Gastéropode caractéristique de l'environnement cavicole. *Neritopsis moniliformis*, moule d'empreinte en silicone d'élastomère. MNHN-A25062. Échelle : 5 mm.

Fig. 6. Characteristic gastropod of cave environment. *Neritopsis moniliformis*, silicone rubber cast of the shell impression. MNHN-A25062. Scale bar: 5 mm.

de l'Indo-Pacifique, Kase and Hayami (1992) [15] et Hayami and Kase (1993) [10] ont signalé de nombreux *N. radula* dans des cavernes sombres, ouvertes sur la pente littorale d'avant-récif de l'îlot d'Ie (archipel de Ryukiu). Pour ces auteurs, *Neritopsis* appartient à l'association malacologique caractéristique des cavernes sous-marines. Dans le Paléogène européen, *Neritopsis* fait déjà partie du peuplement récifal du Danien de Vigny [21]; au Chattien, en Aquitaine, il est associé à d'autres mollusques cavernicoles [18]. Ces observations sur *Neritopsis* s'accordent avec le contexte sédimentaire pour indiquer la présence de cavernes sous-marines dans les constructions coralliennes de Podeni.

#### 3.4. Autres constructions coralliennes

Dans le même secteur, quelques constructions coralliennes plus discrètes ont été également recensées au sein de la formation de Gîrbova de Sus. À Pietroasa (Fig. 1B), au-dessus des sables à stratifications obliques de la base, un niveau métrique détritique à galets de substratum renferme des rhodolites et quelques colonies coralliennes, attribuables au genre *Tarbellastraea*. La

série badénienne se poursuit par une succession de couches de calcaires bioclastiques, de calcaires à algues et à hétérostégines. À Lopadea Veche (Fig. 1B), la partie inférieure de la plate-forme, composée de marnes riches en algues calcaires présentant un léger pendage vers l'est, peut correspondre, comme à Gîrbova de Sus, à un ensemble progradant. Elle est surmontée par un niveau plus compact épais d'une cinquantaine de centimètres, à base onduleuse, renfermant des colonies isolées de *Porites* en lames, et des colonies de *Tarbellastraea*, d'*Heliastrea* et de *Mussidae*. Il est à signaler que des travaux anciens mentionnaient, notamment dans le secteur de Pietroasa et de Lopadea Veche, quelques espèces de scléactiniaires, dont *Favia magnifica*, *Explanaria astroides*, *Heliastrea conoidea*, *Cladangia conferta* [16,17], sans plus de précisions quant à leur situation dans la sédimentation et aux morphologies coloniales développées.

#### 4. Discussion

Il est difficile de considérer les constructions coralliennes de la bordure occidentale du bassin de Transylvanie comme participant d'une véritable dynamique récifale. Elles sont entièrement intégrées dans le développement d'une plate-forme carbonatée à dominante algale, en position très littorale, à proximité du substratum. À Podeni, les niveaux coralliens ne présentent aucune zonation classique (arrière-récif, platier, avant-récif), ni de front récifal. De même, aucune zonation interne n'est décelable au sein de ces constructions coralliennes. Une telle constatation a été relevée par Riegl et Piller [27] à propos d'édifices coralliens du Badénien d'Autriche. Dans la localité type du faciès Leithakalk (Grosshoefflein), ces auteurs définissent deux modes de construction impliquant des scléactiniaires, mais ne constituant pas de véritables récifs. Le premier type, qualifié de *carpet* [25,26], en comparaison avec des constructions actuelles formées d'une trame corallienne plus ou moins dense et pouvant atteindre 2 m d'épaisseur, pourrait être relié à la notion ancienne de biostrome. Le deuxième type est caractérisé par des populations coralliennes ne formant pas réellement une armature construite. À Podeni, les conditions d'affleurement ne permettent pas d'observer la continuité des niveaux à scléactiniaires en position plus distale. Il semble, cependant, que les constructions s'y organisent plutôt en masses individualisées (pâtés ou banquettes), sans former des niveaux plus étendus (*carpets* ou biostromes). De tels pâtés, constituant ainsi un troisième type de construction, ont été décrits dans le Badénien inférieur de Pologne [9], de Hongrie [30] ou d'Autriche, dans le bassin de Vienne [7,8]. Dans les



autres sites de la bordure occidentale de Transylvanie, les colonies coralliennes apparaissent implantées de manière dispersée sur des fonds détritiques, bioclastiques ou algaires, ne parvenant pas à constituer une trame continue, malgré parfois une forte densité (observations personnelles). Il s'agit alors de fonds coralliens correspondant au deuxième type de Riegl et Piller [27].

Dans le couloir du Mureş (Fig. 1A), le célèbre gisement de Lapugiu de Sus a livré également des colonies coralliennes caractérisant typiquement des fonds coralliens. Ce gisement est connu pour la diversité et la qualité de la préservation de sa faune. Dans un contexte sédimentaire argileux, les niveaux les plus riches correspondent à des passées détritiques contenant de nombreux mollusques et des colonies coralliennes déplacées. Ils apportent de précieux renseignements supplémentaires quant à la biodiversité des milieux littoraux coralliens de cette époque, l'évaluation de la biodiversité dans les faciès de plate-forme carbonatée étant limitée par des conditions taphonomiques particulièrement défavorables.

La présence de coraux hermatypiques a été signalée dans plusieurs autres bassins miocènes de Roumanie (Fig. 1A): bassin de Bahna [19], bassin de Zarand [20], bassin de Beiuş [22], bassin de Mehadia [12,24], couloir du Mureş [3]. La liste des scléactiniaires cités par ces auteurs, non révisée récemment, fait apparaître nettement la dominance des genres *Tarbellastraea* et *Heliastrea*, comme en Transylvanie. Il est, cependant, possible que l'importance du genre *Porites* ait été sous-estimée, comme c'est le cas dans la majorité des travaux anciens. Bien que le degré de développement des colonies et leur éventuelle contribution à des bioconstructions ne puissent être clairement mis en évidence, cette répartition, dans des couloirs ou des bassins intramontagneux, souligne une paléogéographie complexe [28,29], surtout dans les secteurs carpathiques. Elle constitue, de plus, un excellent indicateur des paléorivages et des paléoprofondeurs.

À l'échelle de la Paratéthis, des colonies coralliennes et/ou constructions coralliennes sont également connues dans d'autres secteurs et ont été recensées par Pisera [23]. Mais, plus récemment, de nouvelles données et interprétations ont été apportées en Hongrie [30], en Pologne [9], en Autriche [27]. Dans l'ensemble de la Paratéthis, les caractéristiques des constructions coralliennes semblent très homogènes: assemblages coralliens dominés par des Faviidae (*Tarbellastraea*, *Antiguastraea*, *Heliastrea*, *Palaeoplesiastraea*) et par le genre *Porites*, intégration dans des plates-formes carbonatées de type Leithakalk, édifices plutôt immatures (fonds coralliens, pâtés, *carpets*), à zonation inexis-

tante dans la plupart des cas, contributions actives des croûtes microbiennes au processus de construction. Une grande partie de ces constructions est d'âge Badénien inférieur, comme en Roumanie, ce qui est en conformité avec l'optimum climatique qui marquerait cette période en Paratéthis [1–3,13,14]. La géométrie rétrogradante des constructions sur la bordure de la Transylvanie montre, de plus, que les constructions s'intègrent dans une logique transgressive, également décrite en Pologne [9], qui caractérise de manière générale les dépôts du Badénien inférieur.

## 5. Conclusion

Des constructions coralliennes d'âge Badénien, d'ampleur assez inhabituelle en Roumanie, sont décrites pour la première fois sur la bordure occidentale de la dépression de Transylvanie. L'étude de leur géométrie, de leur composition, des processus de constructions et des faunes associées permet d'apporter de nouveaux éclairages sur le phénomène corallien en Paratéthis :

- aucune évidence de formation de récifs n'a été relevée, les colonies de scléactiniaires caractérisant, soit des fonds coralliens dépourvus de trame continue, soit des constructions d'ordre métrique à plurimétrique (pâtés, banquettes) intimement intégrées dans le développement de plates-formes carbonatées à dominante algair;
- les constructions coralliennes les plus développées s'établissent à proximité du paléorelief et soulignent un dispositif rétrogradant, marquant les étapes de la transgression badénienne;
- on ne peut que souligner le contraste entre la faible biodiversité apparente des plates-formes de type Leithakalk et la grande richesse des gisements de type fond corallien à faune bien préservée (exemple de Lapugiu), qui est en adéquation avec l'optimum climatique du Badénien inférieur. Il apparaît donc nécessaire de réévaluer, à la lumière d'investigations plus poussées (récolte et étude systématique des empreintes externes), le contenu taxonomique des plates-formes carbonatées du Badénien inférieur. À Podeni, la découverte de nombreux *Neritopsis*, genre inféodé au milieu cavitaire, montre l'intérêt de cette démarche.
- la large répartition des communautés coralliennes et de ses faunes inféodées au Badénien inférieur montre de libres communications marines, malgré un dispositif paléogéographique très complexe et une certaine homogénéité des conditions à caractère subtropical à travers la Paratéthis.

## Remerciements

Les auteurs remercient Mirela Popa, de l'université de Cluj, pour son accueil et pour nous avoir facilité l'accès aux collections. Le manuscrit a été très sensiblement amélioré grâce aux conseils et recommandations des rapporteurs, Bruno Cahuzac et Pierre Moissette.

## Références

- [1] K. Báldi, Paleoceanography and climate of the Badenian (Middle Miocene 16.4–13.0 Ma) in the Central Paratethys based on foraminifera and stable isotope ( $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ ) evidence, *Int. J. Earth Sci.* 95 (2006) 119–142.
- [2] M. Böhme, The Miocene Climatic Optimum: evidence from ectothermic vertebrates of Central Europe, *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 195 (2003) 389–401.
- [3] C. Chira, S. Filipescu, V. Codrea, Palaeoclimatic evolution in the Miocene from the Transylvanian Depression reflected in the fossil record, in: M.B. Hart (Ed.), *Climates: past and present*, Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 181 (2000) 55–64.
- [4] S. Filipescu, Stratigraphy of the Neogene from the western border of the Transylvanian Basin, *Studia Univ. Babeş-Bolyai, Geologia XLI2* (1996) 3–78.
- [5] S. Filipescu, The Miocene from the western border of the Transylvanian depression, in: Bucur et al. (Eds.), *Field Trip Guide, 4<sup>th</sup> Regional Meeting of IFAA, 2001*, pp. 109–118.
- [6] S. Filipescu, R. Gîrbacea, Stratigraphic remarks on the Middle Miocene deposits from Gîrbova de Sus (Transylvanian Basin, Romania), *Studia Univ. Babeş-Bolyai, Ser. Geologia–Geographia*, 1-2/1994, XLI (1997) 275–286.
- [7] J.G. Friebe, Paläogeographische Überlungen zu den Laithakalkarealen (Badenien) der Mittelsteirischen Schwelle (Steiermark), *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck* 15 (1988) 41–57.
- [8] J.G. Friebe, Lithostratigraphische Neugliederung und Sedimentologie der Ablagerungen des Badenium (Miozän) um die Mittelsteirische Schwelle (Steirisches Becken, Österreich), *Jahrb. Geol. Bundesanst.* 133 (1990) 223–257.
- [9] M. Górka, The Lower Badenian (Middle Miocene) coral patch reef at Grobie (southern slopes of the Holy Cross Mountains, Central Poland), its origin, development and demise, *Acta Geol. Pol.* 52 (2002) 521–534.
- [10] I. Hayami, T. Kase, Submarine cave Bivalvia from Ryukyu islands: Systematics and evolutionary significance, *University Museum, Univ. Tokyo Bull.* 35 (1993) 1–133.
- [11] A. Hoşu, S. Filipescu, Sequence stratigraphy on the Middle Miocene deposits from Gîrbova de Sus (Transylvanian Basin, Romania), *Muzeul Judeţean Bistriţa, Studii si Comunicari* 1 (1995) 87–97.
- [12] O. Iliescu, A. Hinculov, L. Hinculov, B. Mehădia, *Studiu geologic si paleontologic, Memoriile Institutului Geologic IX* (1968) 1–198.
- [13] D. Ivanova, A.R. Ashraf, V. Mosbrugger, E. Palamarev, Palynological evidence for Miocene climate change in the Forecarpathian Basin (Central Paratethys, NW Bulgaria), *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 178 (2002) 19–37.
- [14] G. Jiménez-Moreno, F.J. Rodríguez-Tovar, E. Pardo-Igúzquiza, S. Fauquette, J.-P. Suc, P. Müller, High-resolution palynological analysis in late Early–Middle Miocene core from the Pannonian Basin, Hungary: climatic changes, astronomical forcing and eustatic fluctuations in the Central Paratethys, *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 216 (2005) 73–97.
- [15] T. Kase, I. Hayami, Unique submarine cave mollusc fauna: composition, origin and adaptation, *J. Molluscan Stud.* 58 (1992) 446–449.
- [16] A. Koch, *Die Tertiärbildungen des Beckens der Siebenbürgische Landesteile. II. Neogene Abtheilung*, Budapest, 1900.
- [17] I. Lörenthey, Beiträge zur Kenntniss der Unterpontische Bildungen des Szilagyer Comitatus und Siebenbürgens, *Orv. Term. Ertesitő XV/III* (1894) 289–322.
- [18] P. Lozouet, Le domaine atlantique européen au Cénozoïque moyen: diversité et évolution des gastéropodes, thèse, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 1997 (309 p.).
- [19] G. Macovei, *Basenul terţiar dela Bahna*, Anuarul Institutul Geologic al Romaniei III (1909) 57–139.
- [20] E. Nicorici, A. Sagatovici, *Studiul faunei Badenian superioare de la Minişul de Sus (Bazinul Zarand)*, Anuarul Institutul Geologic XL (1973) 112–194.
- [21] J.-M. Picaud, D. Merle, J.-C. Meyer, La faune danienne de Vigny (Val-d'Oise, France): importance pour l'étude de la diversification des mollusques au début du Tertiaire, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA* 330 (2000) 867–873.
- [22] M. Păuca, Le bassin néogène de Beiuş, *Annu. Inst. geol. Roumanie XVII* (1936) 133–223.
- [23] A. Pisera, Miocene reefs of the Paratethys: a review, *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology* 5 (1996) 97–104.
- [24] E.I. Pop, Étude géologique du bassin de Mehădia, *Annu. Com. geol. XXIX–XXX* (1960) 119–141.
- [25] B. Riegl, W.E. Piller, Coral frameworks revisited—reefs and coral carpets in the northern Red Sea, *Coral Reefs* 18 (1999) 241–253.
- [26] B. Riegl, W.E. Piller, Reefs and coral carpets in the northern Red Sea as models for organism–environment feedback in coral communities and its reflection in growth fabrics, in: E. Insalaco, et al. (Eds.), *Carbonate Platform Systems: Components and Interactions*, Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 178 (2000) 71–88.
- [27] B. Riegl, W.E. Piller, Biostromal Coral Facies – A Miocene example from the Leitha Limestone (Austria) and its actualistic interpretation, *Palaios* 15 (2000) 399–413.
- [28] F. Rögl, Paleogeographic Considerations for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene), *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 99A (1998) 279–310.
- [29] F. Rögl, F.F. Steininger, Neogene Paratethys, Mediterranean and Indo-Pacific Seaways, in: P. Brechley (Ed.), *Fossils and Climate*, John Wiley & Sons Ltd., 1984, pp. 171–200.
- [30] J.-P. Saint Martin, P. Müller, P. Moissette, A. Dulai, Coral microbialite environment in a Middle Miocene reef of Hungary, *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 160 (2000) 179–191.
- [31] N. Şuraru, Biostratigraphische Erwägungen über das obere Badenian aus dem Gebiet von Lopadea Veche (Kreis Alba) – Pietroasa (Kreis Cluj), *Studia Univ. Babeş-Bolyai, Ser. Geologia–Geographia XXXVII/2* (1992) 49–63.