



Val d'Azergues, du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 2019 **N°53**

Bulletin de la Section Paléontologique de l'Usine Lafarge-Val d'Azergues et de l'Association Géologique et Paléontologique de la Carrière Lafarge de Belmont d'Azergues

*Section Paléontologique - 34<sup>ème</sup> année de parution de la Spirale*



Nodule de la zone à *Variabilis* avec deux *Catacoeloceras dumortieri*, quatre petits *Catacoeloceras sp.*, une petite *Haugia*, un *Mucrodactylites mucronatum* et un morceau de grande *Haugia*. Belmont (Rhône)

---

---

## Édito

---

---

Les temps ont changé : cette année, nous avons reçu tellement d'articles que, déjà, nous en avons deux en réserve pour le prochain numéro (ce qui ne doit pas inhiber pour autant d'autres rédacteurs potentiels). En route, donc, pour une lecture studieuse.

Louis RULLEAU, puis Fabien GUIRAUD viennent approfondir nos connaissances sur quelques spirales que nous avons déjà rencontrées mais qui nous étaient jusqu'à présent moins familières que nous ne le pensions.

Quant à lui, dans un travail de synthèse très méthodique, Sylvain VIGARIÉ met en évidence l'intérêt de profils et reliefs qui ne retiennent pas toujours l'attention et qui pourtant peuvent se révéler très parlants : les Ichnofossiles. Il nous arrive de rencontrer aussi certains d'entre eux dans la carrière. Tout paléontologue, fût-il amateur, se doit de faire connaissance avec l'Ichnopaléontologie.

Deux invitations au voyage nous sont aussi proposées dans ce numéro. Émile RIGO nous fait partager les attraits et découvertes d'un récent voyage géologique en Bulgarie, et ceux qui attendent depuis des mois le nouvel article de Marcel FALQUE ne seront pas déçus. Il nous guide, cette fois, entre Durance et Méditerranée.

Ceux d'entre nous qui n'ont pu participer à la célébration du 40<sup>ème</sup> anniversaire de la Section en trouveront ici une évocation.

Quant à la Revue de presse, elle est cette fois assurée par Marie Françoise CUENOT et Victor MIANI.

Bonnes lectures.

**Jean-Pierre PRANDINI**



*Pseudocrassiaceras bayani...*  
page 15



*Tmetoceras scissum...*  
page 37



*Coprolithe de tortue...*  
page 62

## Sommaire de ce numéro 53

### Éditorial

par Jean-Pierre PRANDINI, ..... page 3

### Révision des Mercaticeratinae,

par Louis RULLEAU, ..... page 5

### Les *Tmetoceras* de la région lyonnaise

par Fabien GUIRAUD, ..... page 27

### Les Ichnofossiles,

par Sylvain VIGARIÉ, ..... page 39

### Voyage géologique dans les Rhodopes – Bulgarie

par Émile RIGO, ..... page 67

### De la Durance à la Méditerranée

par Marcel FALQUE, ..... page 79

### 40<sup>ème</sup> anniversaire de la Section,

par Jean ARBAULT et Jean-Pierre CLOCHER, ..... page 111

Revue de presse, ..... page 117



Quartz (mâcle du Japon)...  
page 75



*Pulchellia*...  
page 91



Quartz...  
page 96

---

---

# **Révision des Mercaticeratinae GUEX (Ammonitina, Hildoceratidae) du Toarcien moyen de la région lyonnaise et du Sud de la France.**

---

---

par Louis RULLEAU

## Résumé

*La comparaison attentive des faunes de Mercaticeratinae de la province NW européenne d'une part et de la province méditerranéenne d'autre part a révélé qu'elles diffèrent très sensiblement et qu'il serait plus judicieux de regrouper les premières dans un nouveau genre, Pseudocrassiceras. Celui-ci, apparu en France et en Espagne du Nord à la base de la zone à Variabilis a eu une durée de vie très brève puisqu'il a disparu sans descendance avant la fin de cette même zone.*

*Si l'origine de ce nouveau taxon se trouve incontestablement dans les Mercaticeratinae méditerranéens, on ne connaît pas l'ancêtre immédiat de P. bayani, espèce la plus abondante et la plus souvent citée, ni la voie migratoire suivie par cet ancêtre. En effet, les Mercaticeratinae existent dans la zone à Bifrons aussi bien en Italie qu'en Espagne, ceux récoltés sur les sites français pourraient avoir des ancêtres dans ces deux territoires.*

## Introduction

Parmi les nombreuses ammonites toarciennes présentes en France et plus généralement dans la plus grande partie de la province NW européenne, certaines espèces d'affinités méditerranéennes sont relativement rares et inégalement réparties. Ce sont les Paroniceratinae et les Mercaticeratinae du Toarcien moyen, surtout connus dans la région lyonnaise et les Causses. Si les *Paroniceras* sont pratiquement monospécifiques (*P. sternale*), les Mercaticeratinae, plus diversifiés sont encore mal connus et posent en particulier la question des modalités de leur arrivée en France.

## Systématique

**Ammonitina Hyatt, 1889**

**Famille Hildoceratidae Hyatt, 1867**

**Sous-famille Mercaticeratinae Guex, 1973**

La sous-famille des Mercaticeratinae, essentiellement téthysienne, a été créée par Guex (1973), à partir des remarques de Venturi (1972) qui avait distingué une lignée *Mercaticeras*-*Pseudomercaticeras* – *Brodieia*, pour regrouper les genres méditerranéens *Mercaticeras* Buckman 1913, *Pseudomercaticeras* Merla 1932 et *Brodieia sensu italico*, ce dernier groupe ayant été renommé *Merlaites* par Gabilly en 1974. Elmi *et al* 1986 y ont inclus le genre *Crassiceras* Merla 1932 et Venturi 1987, le genre *Praemercaticeras*. Plus incertaine est la position systématique du genre sibérien *Arctomercaticeras*

Repin, 1968, du Toarcien inférieur, et du genre *Whitbyceras* Buckman, 1913. Le genre *Petronoceras* Venturi 1994, du Toarcien inférieur, d'abord rattaché aux Mercaticeratinae a ensuite été rapproché des Protogrammoceratinae par le même auteur.

Le genre *Arctomercaticeras* créé par Repin (1968) pour des ammonites du Toarcien basal a été repris – à tort semble t'il – par Guex pour des petites ammonites globuleuses que Monestier avait attribuées au genre *Mercaticeras*, et qui se rapprochent effectivement de *M. dilatatum* (Meneghini). Howarth (2013) le range dans les Arieticeratinae.

Le genre monospécifique *Whitbyceras* a été créé par Buckman (1913) pour l'*Ammonies pinguis* Simpson (1855). Cette ammonite dont la position stratigraphique est inconnue présente une grande ressemblance avec certains Mercaticeratinae. L'espèce n'a ensuite été citée que par Lehman (1968) qui l'attribue au Toarcien inférieur (sous-zone à *Elegantulum*) et par Howarth (1992) qui la rapproche à la fois des *Brodieia sensu* Gabilly (microconques des *Haugia*), de *Crassiceras bayani* et de *Merlaites gradatus*, concluant cependant à la probabilité de l'appartenance de *W. pingue* au genre *Brodieia*.

Le genre *Praemercaticeras* Venturi 1981 regroupe les premiers représentants de la sous-famille des Mercaticeratinae qui dériveraient vraisemblablement des *Hildaites*, selon Venturi. Le type du genre, *P. forzanense*, décrit par Venturi, à partir de spécimens des Appenins se situe dans la zone à Levisoni (= zone à *Serpentinum*). Jusqu'alors, ce genre n'a été cité qu'en Italie.

Remarque : Cette conception de la famille des Mercaticeratinae qui, à la lumière de notre étude nous paraît évidente, n'est pourtant pas celle de Howarth, qui dans sa récente révision du *Treatise on Invertebrate Paleontology - Treatise online* (2013) persiste à ignorer le taxon créé par Guex. Ainsi, rattache-t-il les *Mercaticeras* aux Hildoceratinae, alors qu'il range les *Pseudomercaticeras*, les *Crassiceras* et les *Merlaites* dans les Phymatoceratinae.

Sous-étage	Province méditerranéenne			Province nord-ouest européenne	
	Zone	<i>Praemercaticeras</i> <i>Mercaticeras</i> <i>Pseudomercaticeras</i> <i>Crassiceras</i> <i>Merlaites</i>		<i>Pseudocrassiceras</i> n. gen.	Zone
Toarcien supérieur	Bonarelli				Thouarsense
Toarcien moyen	Gradata				Variabilis
	Bifrons				Bifrons
Toarcien inférieur	Levisoni				Serpentinum

Fig. 1 : Position stratigraphique des Mercaticeratinae

## Genre *Mercaticeras* Buckman 1913

**Espèce type** : *Ammonites mercati* Hauer, désignée par Buckman . Une quinzaine d'autres espèces ont ensuite été décrites par les auteurs italiens en particulier.

**Diagnose** : coquilles moyennement évolutées, à section subquadratique et aire ventrale large munie de sillons profonds; fortes côtes simples, peu flexueuses, ayant tendance à s'effacer sur la moitié ombilicale des flancs de la chambre d'habitation.

**Position stratigraphique** selon Venturi : partie moyenne et supérieure de la zone à Bifrons. Les anciens auteurs distinguaient une zone à Mercati qui est plus ou moins équivalente à la zone à Bifrons. Kovacs (2015) répartit ses exemplaires dans toute la zone à Bifrons.

**Répartition géographique** : province méditerranéenne exclusivement (Italie, Grèce, Espagne du Sud, Maroc, Hongrie...). Cependant, si la citation de Dumortier dans la région lyonnaise et probablement celle de Jakobs en Amérique du Nord sont erronées, quelques ammonites des Causses, figurées par Monestier, Guex et Sciau semblent très proches de l'espèce *M. dilatatum*, de même qu'un exemplaire allemand figuré par Riegraf et qu'un exemplaire d'Espagne du Nord figuré par Goy. Mais les autres *Mercaticeras* figurés par ce dernier auteur sont plus vraisemblablement des *Hildoceras* primitifs. Aucun *Mercaticeras* n'a été retrouvé dans la région lyonnaise. Selon Mouterde et Elmi 1991, les *Mercaticeras* s.s., absents de l'Europe moyenne et très rares dans les zones de transition, sont connus au Portugal, et plus fréquents dans les chaînes Bétiques ; bien représentés au Maroc, ils sont abondants en Grèce, Italie et Turquie où ils présentent une large variabilité.

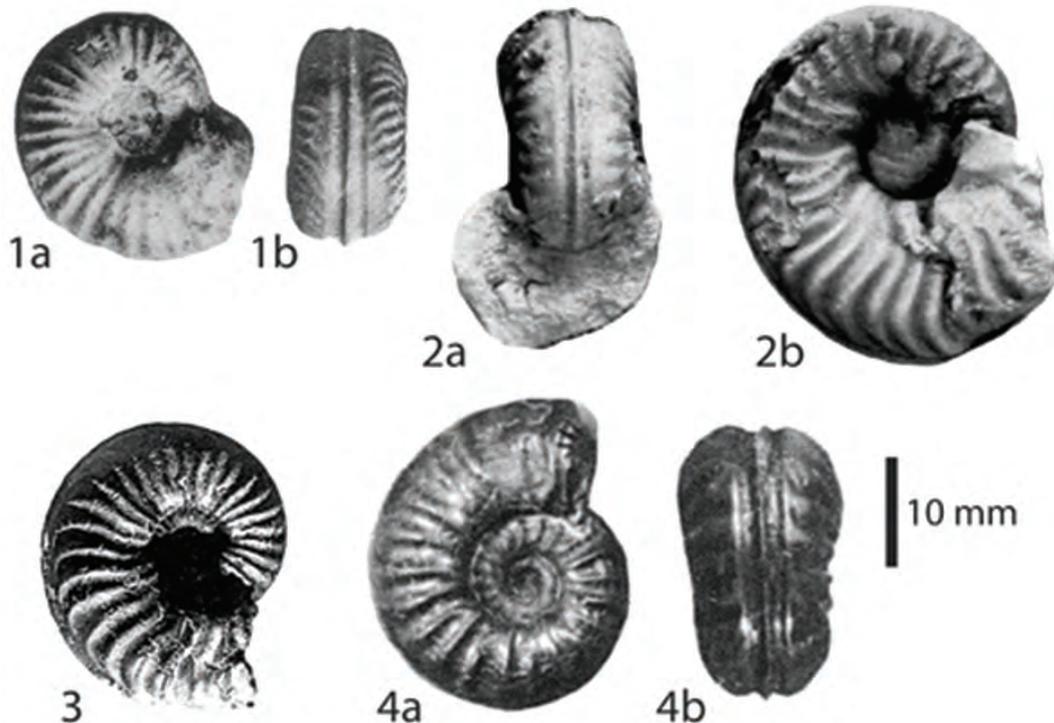


Fig. 2 : *Mercaticeras dilatatum* (Meneghini, 1867) - 1a et b : Type de l'espèce figuré par Merla (1932, pl. 6, figs 17, 21) ; 2a et b : Exemple G 30, figuré par Guex (1972, pl. 4, fig. 7), sous le nom de « *Arctomercaticeras* » dilatatum, horizon à Semipolitum, Le Clavier (Aveyron), à D=30c ; H=12c (0,40) ; E=17 (0,56) ; O=8 (0,26) ; 3 : Exemple figuré par Monestier (1931, pl. 5, fig. 2), en tant qu'*Hildoceras mercati* Hauer, 1856, zone à Bifrons, Le Guilhaumard (Aveyron) ; 4a et b : Exemple figuré par Sciau (1993, pl. 13, fig. 7) en tant que *Mercaticeras* sp.

***Mercaticeras dilatatum* (Meneghini 1883)  
(pl. 5, fig. 7-10)**

**Description** : petite ammonite globuleuse, à ombilic étroit et largeur du tour supérieure à sa hauteur, flancs arrondis, mais aire ventrale large et bisulquée. La densité de la costulation est variable suivant les figurations des auteurs.

**Comparaisons** : il n'est pas exclu que les exemplaires français attribués à cette espèce appartiennent en fait au groupe des *Pseudocrassiceras* n. genre défini ci-dessous.

**Position stratigraphique** : assez vague suivant les auteurs italiens, mais attribuée au sommet de la zone à Bifrons par Monestier, Guex (sous-zone à Semipolium), Sciau, Riegraf et Goy, à la zone à Bifrons et à la base de la zone à Variabilis par Kovacs.

**Situation géographique** : semblable à celle des autres *Mercaticeras* (province méditerranéenne), mais seule espèce peut-être présente également, quoique très rare, en France (Causses), en Allemagne et dans les chaînes ibériques.

**Genre *Pseudomercaticeras* Merla 1932**

**Espèce-type** : *Pseudomercaticeras parvilobum* Merla 1932

**Description** : ammonites moyennement évolutées, avec tours internes croissant plus rapidement en hauteur que les tours externes et section subrectangulaire, plus haute que large. Aire ventrale tabulée, mais sillons absents ou peu marqués. Côtes flexueuses, souvent fasciculées.

**Situation géographique** : Mouterde et Elmi (1991) considèrent que ce genre (et leur sous-genre *Crassiceras*) posent un intéressant problème de répartition du fait des nombreuses citations de *P. (C.) bayani* en Italie et en Afrique du Nord. Mais d'après ces auteurs, la forme rhodanienne diffère nettement des espèces méditerranéennes et semble circonscrite à la bordure sud de la province NW européenne, alors que les espèces franchement téthysiennes ne se retrouvent pas dans le sud de la France. Nous partageons ce point de vue et pour nous, les seules espèces NW européennes rattachées précédemment à ce genre, *P. frantzi* Reynes et *P. praegruncheri* Monestier, n'étant à notre avis pas présentes en province méditerranéenne, sont attribuées dans le présent travail, avec *P. (C.) bayani*, au nouveau genre *Pseudocrassiceras*.

**Position stratigraphique** : zone à Bifrons, selon Venturi, z. à Bifrons et base z. à Gradata pour Kovacs, z à Gradata seulement selon Elmi et Mouterde (confusion avec *Merlites* ?).

**Genre *Crassiceras* Merla 1932**

**Type du genre** : *C. latum* Merla 1932

Initialement, Merla avait considéré que *Pseudomercaticeras* et *Crassiceras* étaient deux genres distincts, option conservée par Howarth dans la version originale du Treatise (1957). Gallitelli Wendt (1969) les regroupa dans le seul genre *Pseudomercaticeras* et Elmi et al. (1986) réutilisèrent le terme *Crassiceras*, en tant que sous-genre de *Pseudomercaticeras*. Enfin Venturi & Ferry (2001) et Venturi et al. (2010) reprirent l'usage des deux genres. C'est cette dernière option que nous avons adoptée dans ce travail.

**Description et comparaisons :**

Le genre *Crassiceras sensu* Merla, fréquent dans le Toarcien moyen et sans doute la base du Toarcien supérieur des régions méditerranéennes, regroupe des formes plus ou moins involutes, mais caractérisées

par leur côtes simples et plus robustes et leur plus forte épaisseur que chez les *Pseudomercaticeras*. *C. bayani*, rattaché à ce groupe par Elmi et Rulleau 1986, s'en écarte nettement par la finesse et la fasciculation de ses côtes. Mais, d'autres rares exemplaires rhodaniens présentent de grandes affinités avec les *Crassiceras* du groupe de *C. canavarii* Merla.

**Position stratigraphique** : Toarcien moyen et supérieur (zones à Gradata et à Bonarelli = zones à Variabilis et Thouarsense), en Italie, selon Venturi.

**Situation géographique** : province méditerranéenne et zones de transition (Portugal).

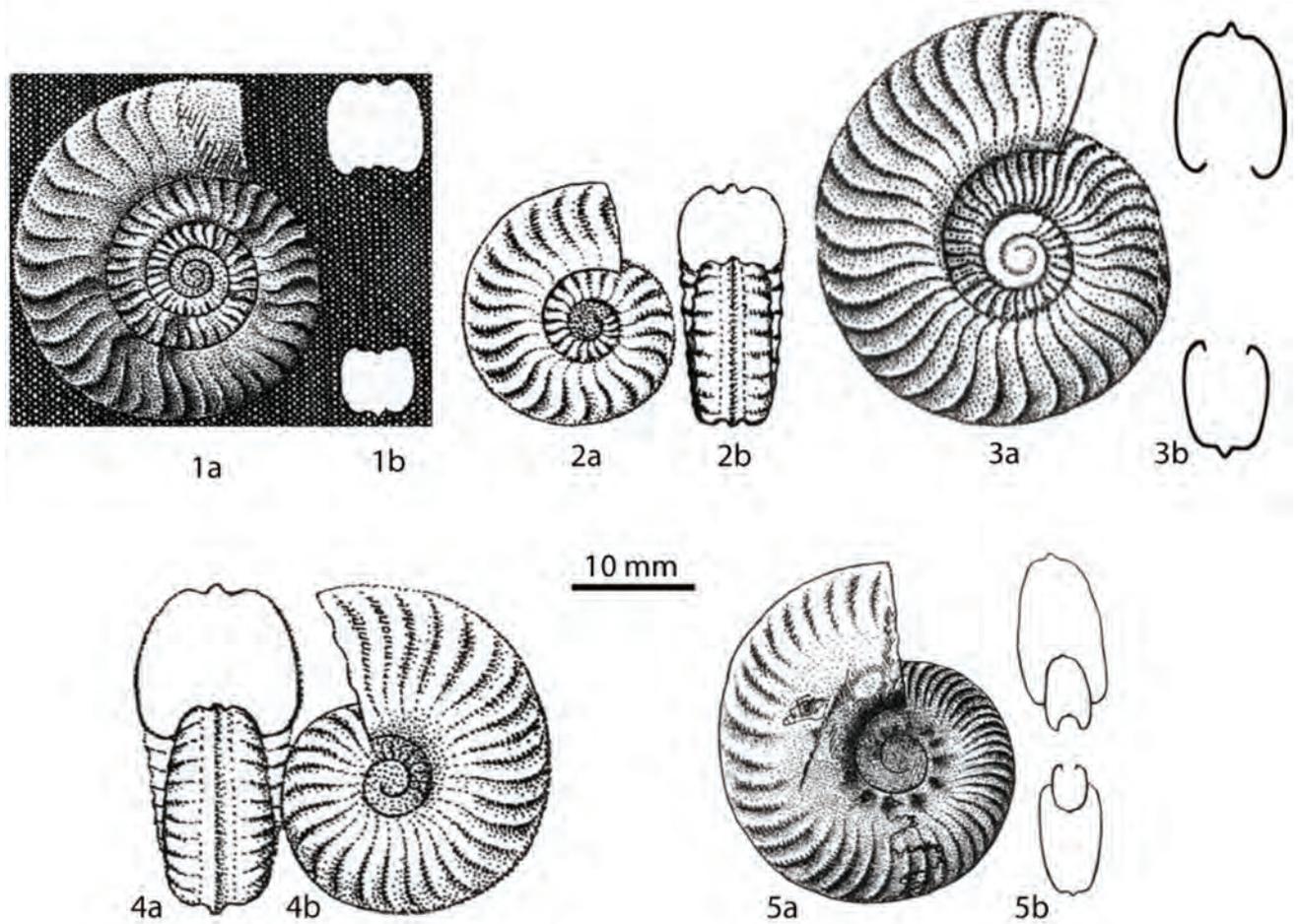


Fig. 3 : Exemples de Mercaticeratinae méditerranéens (dessins de Venturi *et al.*, 2010) - 1a et b : *Praemercaticeras forzanense* Venturi, 1981 ; 2a et b : *Mercaticeras mercati* (Hauer, 1856) ; 3a et b : *Pseudomercaticeras rotaries* Merla, 1932 ; 4a et b : *Crassiceras latum* Merla, 1932 ; 5a et b : *Merlaites clausa* (Merla, 1932).

### Genre *Merlaites* Gabilly 1974

**Synonymie** : *Brodieia sensu italico*

**Espèce-type** : *Brodieia alticarinatus* Merlla 1932

**Description** : ammonites à section plus ou moins comprimée, plus haute que large, moyennement involutes. La région ventrale est étroite, faiblement bisulquée, les côtes peu flexueuses. Dans ce groupe assez polymorphe, 12 espèces ont été décrites par les auteurs italiens, auxquelles il faut ajouter une treizième décrite par Geczy en Hongrie.

**Position stratigraphique** : Toarcien moyen et base du Toarcien supérieur. Les *Merlaites* sont les représentants les plus tardifs des Mercaticeratinae. *M. gradata*, *M. alticarinata* et *M. clausus* sont respectivement utilisées comme indices de zone, de sous-zone et d'horizon dans la province méditerranéenne.

**Répartition géographique** : province méditerranéenne (Italie, Grèce, Afrique du Nord, Espagne méridionale, Hongrie). Les citations de spécimens de *Gruneria gruneri* (Dum.) de la région lyonnaise attribués par Elmi *et al.* (1986) et Rulleau (1989) à l'espèce « *Grunria* » *clausa* sont erronées, de même probablement que celles de Goy qui cite « *Brodieia* » *gradata* et « *B.* » *alticarinata* en Espagne du Nord.

### Genre *Pseudocrassiceras* n.g.

Ce nouveau taxon regroupe l'ensemble des Mercaticeratinae NW européens jusque là attribués le plus souvent aux genres *Pseudomercaticeras* et *Crassiceras*. Ils présentent effectivement un grand nombre de caractères communs avec les Mercaticeratinae méditerranéens, mais une comparaison attentive de leurs caractères respectifs montre qu'ils peuvent difficilement leur être assimilés.

**Espèce-type** : *Ammonites bayani* Dumortier, 1874

**Liste des espèces** : *P. bayani*, *P. frantzi*, *P. praegruneri*, *P. arbaulti* n. sp., *P.* n. sp.

**Position stratigraphique** : sous-zone à Variabilis, bien plus restrictive que celle des genres *Pseudomercaticeras*, *Crassiceras* et *Merlaites*.

**Répartition géographique** : partie sud de la France (région lyonnaise, Gard, Ardèche, Var, Pyrénées orientales, Deux-Sèvres, Aveyron, Lozère), Nord de l'Espagne.

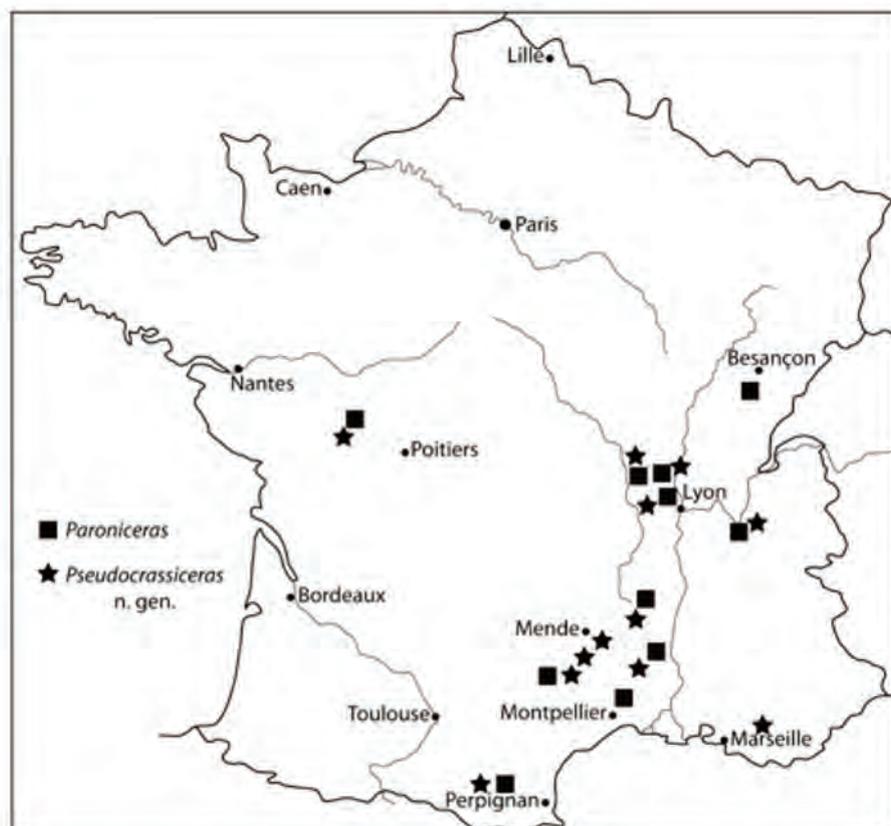


Fig. 4 – Répartition des *Paroniceras* et des *Pseudocrassiceras* en France

***Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier)**  
**(pl. 1 et 2)**

**Types de l'espèce** : *Ammonites bayani* Dumortier, 1874 (pl. 16, fig. 7-9). Néotype désigné par Elmi et Rulleau 1986 : FSL 299685 (pl. 1, fig. 2)

**Matériel** : une quarantaine d'exemplaires provenant de la Région lyonnaise (Mont d'Or, Beaujolais méridional, St Quentin-Fallavier-La Verpillière), ce qui, comparé aux milliers d'ammonites du Toarcien moyen récoltées dans les mêmes gisements, illustre bien la rareté de l'espèce. Une vingtaine d'autres spécimens, originaires d'autres régions de France et figurés par différents auteurs ou détenus dans des collections publiques ou privées, ont également été examinés.

**Description** : d'après Dumortier, coquille comprimée, carénée, à ombilic médiocre, tours peu convexes sur les flancs, côtes peu flexueuses, groupées par deux ou trois à partir de tubercules allongés. Les côtes qui deviennent plus fortes en haut des flancs se portent alors fortement en avant en atteignant le contour extérieur déprimé, sur lequel la carène étroite est accompagnée de deux petits sillons.

Les deux figurations de Dumortier rendent bien compte du changement de morphologie de l'espèce au cours de l'ontogenèse. L'individu adulte, déterminé par cet auteur comme étant un *Mercaticeras mercati* montre, avec la tendance au déroulement du dernier tour, le changement de l'ornementation, les côtes devenant plus fortes et moins souvent réunies. L'épaisseur des tours s'accroît plus vite que leur hauteur et les sillons péricaréniaux sont plus fortement marqués.

**Discussion** : *Pseudocrassiceras bayani* est un taxon spécifiquement Nord-Ouest européen, relativement polymorphe. Selon Elmi *et al.* (1986), les *Crassiceras* maghrebo-italiens ont une ornementation et une section différentes de celles de leurs contemporains subméditerranéens. Malgré un polymorphisme très marqué, aucun spécimen téthysien ne peut être indubitablement inclus dans l'espèce *C. bayani*. Ainsi, de nombreuses autres citations, qui se sont révélées infondées, sont le fait d'auteurs italiens (Bellini 1906, Fucini 1919, Mitzopoulos 1930, Merla 1932, Pinna 1966, Venturi 1975...). Ces citations concernent en fait pour la plupart des espèces appartenant au genre *Merlaites*.

*Pseudocrassiceras praegrunei* (Monestier, 1931) diffère de *C. bayani* par sa coquille plus involute et comprimée et ses côtes beaucoup moins flexueuses. *P. frantzi* (Reynes, 1868), différemment interprété par les auteurs, présente semble-t-il une coquille plus évolutive et comprimée et des côtes un peu moins flexueuses et moins fréquemment réunies, des formes intermédiaires étant cependant difficilement attribuables à l'une ou l'autre de ces espèces.

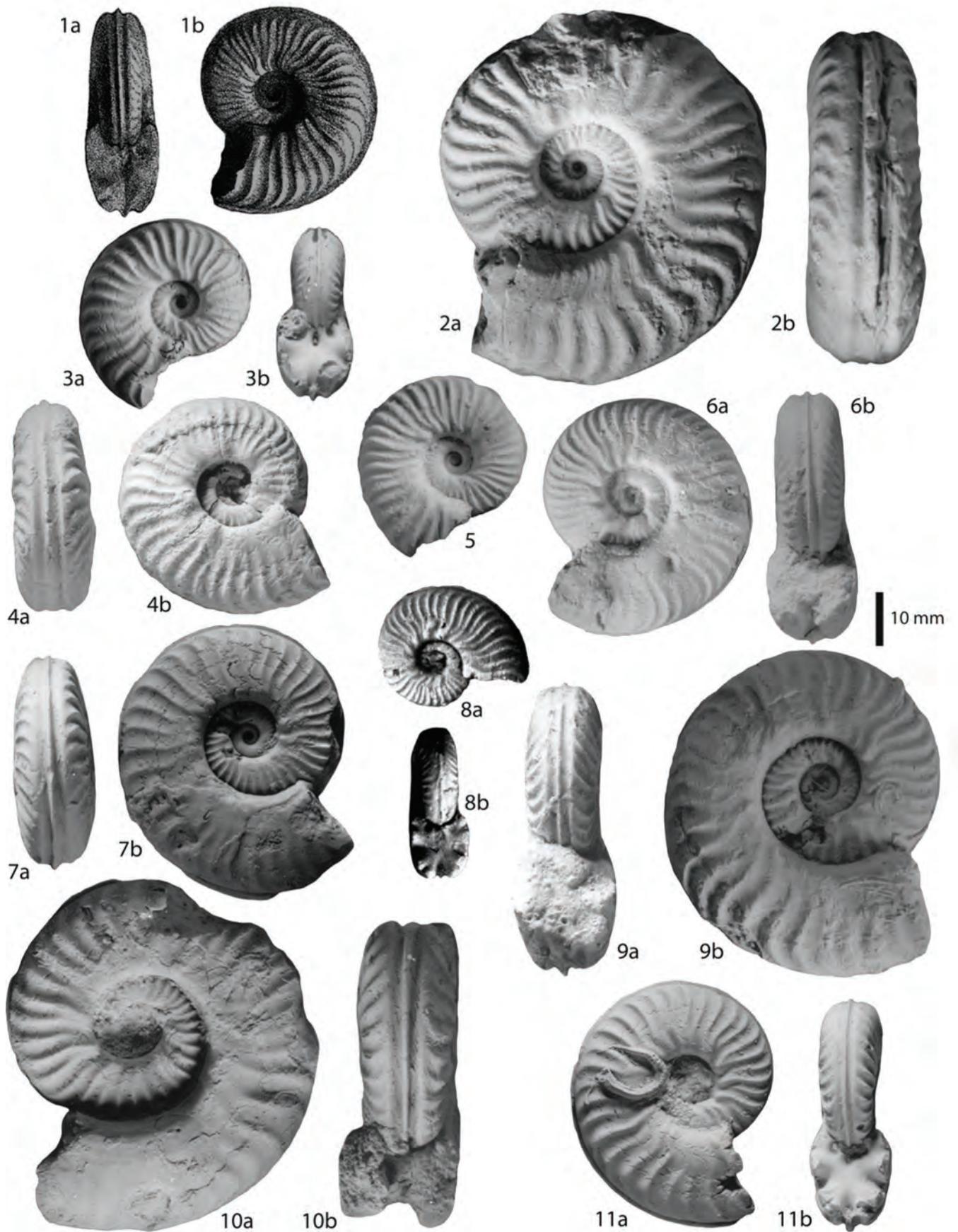
*P. bayani* présente une remarquable convergence morphologique avec certaines *Gruneria*, genre appartenant à une autre sous-famille d'Hildoceratidae (Grammocerotinae) et un autre niveau stratigraphique (Toarcien supérieur). Les différences entre ces deux groupes ont été analysées dans un article de Elmi *et al.* (1986).

**Répartition géographique** : *P. bayani* est une espèce rare partout. La plupart des spécimens connus proviennent de la région lyonnaise (gisements du Mont d'Or, du Beaujolais méridional et Isère), recueillis en très petit nombre, parmi des milliers d'ammonites du même niveau. Il est d'ailleurs remarquable que la plupart des spécimens conservés dans les collections anciennes proviennent de Saint-Romain-au-Mont-d'Or où furent exploitées des mines de fer. Dans les Causses, le pourcentage est encore plus faible et tous les autres sites ne peuvent faire état que d'un ou deux exemplaires, à commencer par Airvault (Deux Sèvres), station la plus septentrionale connue, où un seul *P. bayani* a été trouvé récemment (Jattiot *et al.*, 2016). Aucun exemplaire n'a été cité dans la moitié nord de la France, en Angleterre et de façon plus surprenante en Espagne du Nord.

**Position stratigraphique** : Toarcien moyen, partie inférieure de la sous-zone à Variabilis (niveau bien repéré à Belmont (région lyonnaise) et à Airvault (Deux-Sèvres), alors que Guex situe ses exemplaires dans la partie supérieure de cette même sous-zone).

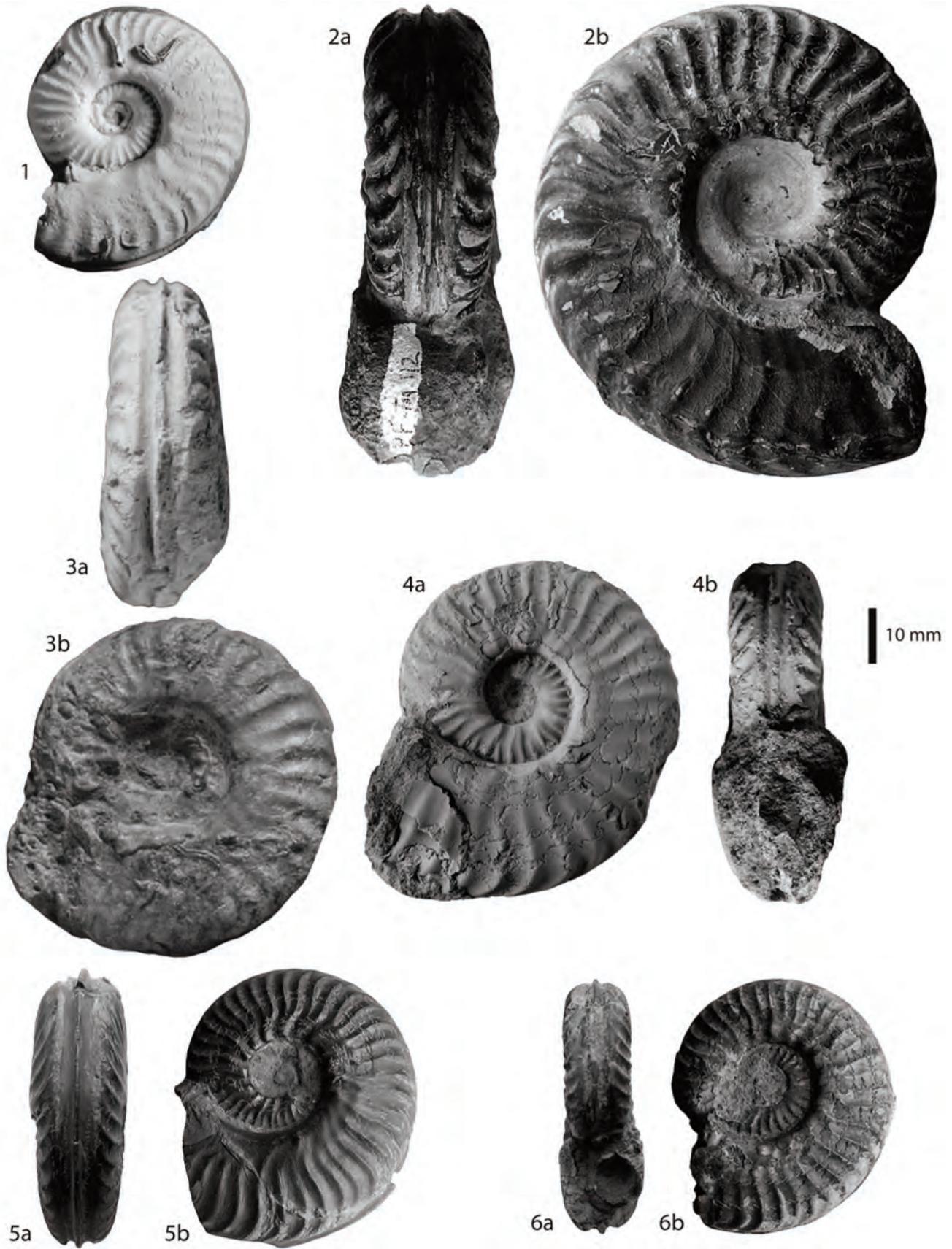
## PLANCHE I

- Fig. 1a, b :** *Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. Figure originale de Dumortier (*Ammonites bayani* : 1874, pl. 16, figs 7-8). L'exemplaire correspondant (holotype), provenant de Saint-Romain-au-Mont-d'Or (Rhône), n'a pas été retrouvé.  
Dumortier (1874) en donne les dimensions suivantes :  
à D=45 ; H=18,9 (0,42) ; E=16 (0,37) ; O= 12 (0,27) ; N=19.
- Fig. 2a, b :** *Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. Spécimen ML 2000 9018 A (coll. Dumortier), exemplaire adulte de Saint-Romain-au-Mont-d'Or (Rhône) figuré par Dumortier (1874, pl. 15, fig. 3-4) sous le nom de *Ammonites mercati* Hauer, 1856.  
à D=75 ; H=27 (0,36) ; E=25 (0,33) ; O=25 (0,33) ; N=18  
à D=58 ; H=25 (0,43) ; E=21 (0,36) ; O=17 (0,29) ; N=16
- Fig. 3a, b :** *Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. Psm 3 (coll. J. Igolen), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=35 ; H= (0,42) ; E=13 (0,37) ; O=10 (0,28) ; N=16
- Fig. 4a, b :** *Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. ML 20008852 (coll. Dumortier), Saint-Romain-au-Mont-d'Or (Rhône), topotype.  
à D=45 ; H=18 (0,40) ; E=15 (0,33) ; O=13 (0,28) ; N=18
- Fig. 5 :** *Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. ML 20008802 (coll. Dumortier), La Verpillière (Isère).  
à D=45 ; H=15 (0,33) ; E=14 (0,31) ; O=10 (0,22) ; N=19
- Fig. 6a, b :** *Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. PF Toa 117 (coll. J. Igolen), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=50 ; H=19(0,38) ; E=17 (0, 34) ; O= 17 (0,34) ; N=22  
à D=39 ; H=15 (0,38) ; E=14 (0,35) ; O=12 (0,30) ; N=19
- Fig. 7a, b :** *Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. FSL 169351 (coll. Rebours), Saint-Romain-au-Mont-d'Or (Rhône).  
à D=55 ; H=21 (0,38) ; E=17 (0,30) ; O=19 (0,34) ; N=18  
à D=42 ; H=16 (0,38) ; E=15 (0,35) ; O=12 (0,28) ; N=17
- Fig. 8a, b :** *Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. G 27 (coll. J. Guex), zone à Variabilis, Le Clapier (Aveyron), figuré par Guex (1972, pl. 4, fig. 6).  
à D=28 ; H=11,6 ; E=10,6 ; O=8,5 ; N=19
- Fig. 9a, b :** *Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. FSL 10817, zone à Variabilis, Saint-Romain-au-Mont-d'Or (Rhône).  
à D=64 ; H=22 (0,34) ; E=21 (0,32) ; O=24 (0,37) ; N=17  
à D=51 ; H=18 (0,35) ; E=17 (0,33) ; O=16 (0,31) ; N=18
- Fig. 10a, b :** *Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. PF Toa 114 (coll. Barjot), Zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
Exemplaire complet, montrant un net déroulement du dernier tour.  
à D=65 ; H=24 (0,36) ; E=? ; O=24 (0,36) ; N= 17  
à D=58 ; H=20 (0,34) ; E=22c (0,37) ; O=20 (0,34) ; N=18
- Fig. 11a, b :** *Pseudocrassiceras bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. Psm 25 (coll. B. Rousselle), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=46 ; H=19 (0,41) ; E=15 (0,32) ; O=14 (0,30) ; N=16



## PLANCHE II

- Fig. 1 :** *Pseudocrassicerus bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. Psm 4 (coll. J. Igolen), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=50 ; H=18 (0,36) ; E=15 (0,30) ; O=17 (0,34) ; N=19  
à D=36 ; H=15(0,41) ; E= ? ; O=11 (0,30) ; N=18
- Fig. 2a, b :** *Pseudocrassicerus bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. PF Toa 112 (coll. N. Andreoni), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).Exemplaire complet de très grande taille.  
à D=95 ; H=40 (0,41) ; E=30c (0,32) ; O=28 (0,30) ; N=17  
à D=72 ; H=30 (0, 40) ; E=28 (0 ;38) ; O=22 (0,30) ; N=17
- Fig. 3a, b :** *Pseudocrassicerus* aff. *bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. PF Toa 893 (coll. L. Rulleau), La Roche, Saint-Didier-au-Montd'Or (Rhône). Exemplaire à costulation plus grossière, se rapprochant de *P. arbaulti*.  
à D=60 ; H=22 (0,36) ; E=22 (0,36) ; O=20 (0,33) ; N=16
- Fig. 4a, b :** *Pseudocrassicerus bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. UBGD 279200 (coll. R. Jattiot), sous-zone à Variabilis, carrière d'Airvault (Deux-Sèvres).  
à D=67,5 ; H=26,8 (0,40) ; E=24,2 (0,36) ; O=21,4 (0,32) ; N=16
- Fig. 5a, b :** *Pseudocrassicerus bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. PF Toa 944 (coll. M. Gouttenoire), zone à Variabilis, Belmont (Rhône), x 1  
à D=56 ; H=23 (0,41) ; E=17 (0,30) ; O=19 (0,34) ; N=19  
à D=44 ; H=20 (0,45) ; E=15 (0,34) ; O=13 (0,29) ; N=17
- Fig. 6a, b :** *Pseudocrassicerus bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. PF Toa 947 (collection J. Arbault), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=53 ; H=19 (0,35) ; E=17 (0,32) ; O=15 (0,28) ; N=17  
à D=42 ; H=17 (0,40) ; E=15 (0,35) ; O=13 (0,30) ; N=17



***Pseudocrassiceras frantzi* Reynès 1868**  
(pl. 3)

**Holotype** : *Ammonites frantzi* n. sp. Reynès (1868 ; pl. 5, fig. 6)

**Matériel** : parmi les Mercaticeratinae recueillis à Belmont ou ceux figurés d'autres régions, à peine une douzaine de spécimens peuvent être attribués vraisemblablement à l'espèce de Reynès.

**Description** : Le type de Reynès n'a pu être retrouvé et nous ne disposons donc que de la figure originelle qui représente une ammonite de petite taille, évolutive et relativement comprimée, aux tours de section subtrapézoïdale, un peu plus haute que large. L'aire ventrale relativement étroite est bisulquée. Les côtes fortes et légèrement flexueuses sont simples et les tubercules inexistantes. Il s'agit d'un exemplaire juvénile dont on ne connaît pas le développement ultérieur.

**Discussion** :

Comparé aux topotypes de diamètre équivalent de *P. bayani*, *P. frantzi* en diffère nettement par l'enroulement plus lent des premiers tours, et sa moindre épaisseur, l'absence de fasciculation des côtes et leur plus faible densité. Cependant, quelques exemplaires, un peu plus évolutives et comprimés que la moyenne des *P. bayani*, mais montrant quelques côtes réunies à partir de légers tubercules semblent intermédiaires entre les deux espèces. Finalement, bien peu de figurations ultérieures d'ammonites de cette taille semblent correspondre à l'espèce de Reynès.

Assimilée par les auteurs italiens à l'une des interprétations de l'*Ammonites comensis* par Meneghini (dont Merla 1932, pl. 5, fig. 12 a refiguré le type), l'espèce de Reynès en diffère nettement par l'absence de tubercules nettement marqués et la rareté des côtes fasciculées. Il en est de même pour les exemplaires figurés sous le nom de *P. frantzi* par Pinna (1963, pl. 11, fig. 8, 1-11,13), Kottek (1966, pl. 7, fig. 6), Venturi 1972 ( pl. 41, fig. 20 ; pl. 42, fig. 8), Parisi *et al.* (1998, pl. 3, fig. 7). Paradoxalement, si le type de *P. frantzi* s'éloigne des spécimens italiens figurés sous ce même nom, il semble plus proche des figurations d'autres *Pseudomercaticeras* méditerranéens (*P. rotaries*, *P. parvilobum*), ce qui confirme que l'origine des *Pseudocrassiceras* est bien à rechercher parmi les *Pseudomercaticeras*.

En France, les seules figurations d'ammonites attribuées à cette espèce, assez rares, ont été données pour les Causses par Monestier (1831) revu par Guex, Guex (1972) et Sciau (1993) ; pour la région lyonnaise, par Elmi *et al.* 1963, Rulleau 2006 et Lacroix 2011. L'interprétation de Guex pour des ammonites de petite taille (Guex pl. 4, fig. 5 et 6 et Monestier pl. 5, fig. 9-10), retient surtout l'ouverture ombilicale un peu plus grande que chez *P. bayani* et la costulation initiale bien moins dense. Si l'exemplaire figuré par Elmi *et al.* (fig. 7) répond bien à ces critères, ce n'est pas le cas de l'un de ceux figurés par Rulleau en 2006 (pl. 24, fig. 6), dont la costulation des tours internes est bien plus dense, de même que chez celui figuré par Lacroix (pl. 83, fig. 12)

Les exemplaires de plus grande taille attribués à *P. frantzi* forment également un ensemble assez disparate. Il semble que l'on doive retenir uniquement les formes relativement comprimées et évolutives, bisulquées, différant du groupe de *bayani* par l'absence de tubercules et de fasciculation des côtes. Cependant, les exemplaires retenus comme *P. frantzi* dans ce travail (pl. 3) sont d'aspect très différent de l'ammonite marocaine attribuée à la même espèce par Elmi et Benshili (1987) ou de celle figurée par Kovacs (2015).

L'exemplaire de « *Hildoceras cf. mercati* » de Monestier (1931, pl. 5, fig. 3) a été interprété par Guex comme un *Pseudomercaticeras frantzi*, mais il s'écarte nettement des normes de l'espèce par sa costulation plus vigoureuse et sa plus forte involution qui nous a amenés à le rapprocher de *P. praegrunei*.

**Position stratigraphique** :

Alors que les *Pseudomercaticeras* du secteur méditerranéen sont cantonnés, d'après Venturi, dans la zone à Bifrons, les morphotypes attribués à *P. frantzi* sont recueillis en France à la base de la zone à

Variabilis, bien que Reynès place son espèce dans la zone à Bifrons et Goy, en Espagne, au sommet de la sous-zone à Variabilis. Kovacs situe ses exemplaires dans l'horizon à Semipolitum et dans l'horizon à Clausus (base de la zone à Gradata).

#### **Situation géographique :**

Les exemplaires cités sous ce nom en Italie ou en Grèce n'appartiennent sans doute pas à l'espèce de Reynès. L'exemplaire marocain figuré par Elmi et Benschili (1987) et l'exemplaire hongrois de Kovacs semblent être les seules exceptions fiables en province méditerranéenne, encore qu'ils proviennent de secteurs de transition où le mélange des faunes est avéré. En France, l'espèce est présente dans les Causses et la région lyonnaise où elle reste cependant rare. Elle a également été citée en Espagne du Nord (chaînes ibériques) par Goy (1974) et Goy et Martinez (1990)

### ***Pseudocrassiceras praegrunei* (Monestier, 1931) (pl. 5 ; fig. 1-5)**

**Holotype** : Monestier 1931 (p. 17; pl. 5, fig. 12; pl. 9, fig.1)

**Matériel** : en dehors de l'holotype, seuls deux spécimens de la région lyonnaise, un des Causses et un exemplaire espagnol peuvent être rapprochés de cette rare espèce.

**Description** : coquille relativement involute et comprimée, à tours plus hauts que larges, flancs légèrement bombés et aire ventrale tabulée, mais non nettement bisulquée. Côtes très légèrement flexueuses, subrectiradiées et groupées par deux ou trois près du rebord ombilical.

**Discussion** : par sa morphologie très particulière, cette espèce est plus proche de certains *Pseudomercaticeras*, mais s'écarte de ce genre par sa position stratigraphique. *P. praegrunei* diffère essentiellement de *P. frantzi* ou *P. bayani* par ses tours adultes croissant plus rapidement en hauteur qu'en largeur et sa région ventrale faiblement ou pas du tout bisulquée. L'espèce de Monestier peut aussi évoquer les *Merlaites* qui sont cependant plus comprimées et plus largement ombiliquées.

**Position stratigraphique** : zone à Variabilis.

**Situation géographique** : connue uniquement dans les Causses et la région lyonnaise, et peut être en Espagne du Nord, cette rare espèce n'a pas été signalée dans la province méditerranéenne.

### ***Pseudocrassiceras arbaulti* n. sp. (pl. 4, fig. 1-8)**

#### **Synonymie :**

non 1932 *Crassiceras canavarii* (Franceschi), Merla (pl. 5, fig. 7-9)

? 1974 *Crassiceras canavari* Franceschi in Merla, Goy (pl. 84, fig. 1)

1993 *Pseudomercaticeras* gr. *canavari-dimorphum* Merla, Rulleau (pl. 35, fig. 6-7)

2006 *Crassiceras* aff. *canavari* Merla, Rulleau (pl. 24, fig. 8 et 10)

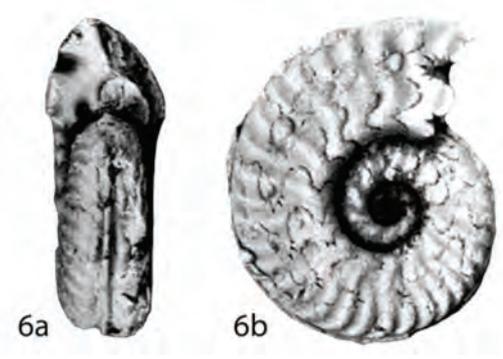
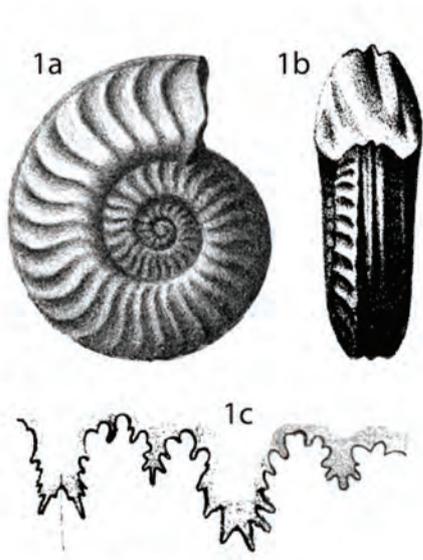
2006 *Crassiceras* aff. *dimorphum* Merla, Rulleau (pl. 24, fig. 9)

2011 *Crassiceras* aff. *canavari* Merla, Lacroix (p. 213 ; pl. 83, fig. 14)

**Holotype** : PF Toa 946... (coll. Arbault), zone à Variabilis, Belmont (Rhône) – cotype : PF Toa 118 (coll. Gouttenoire).

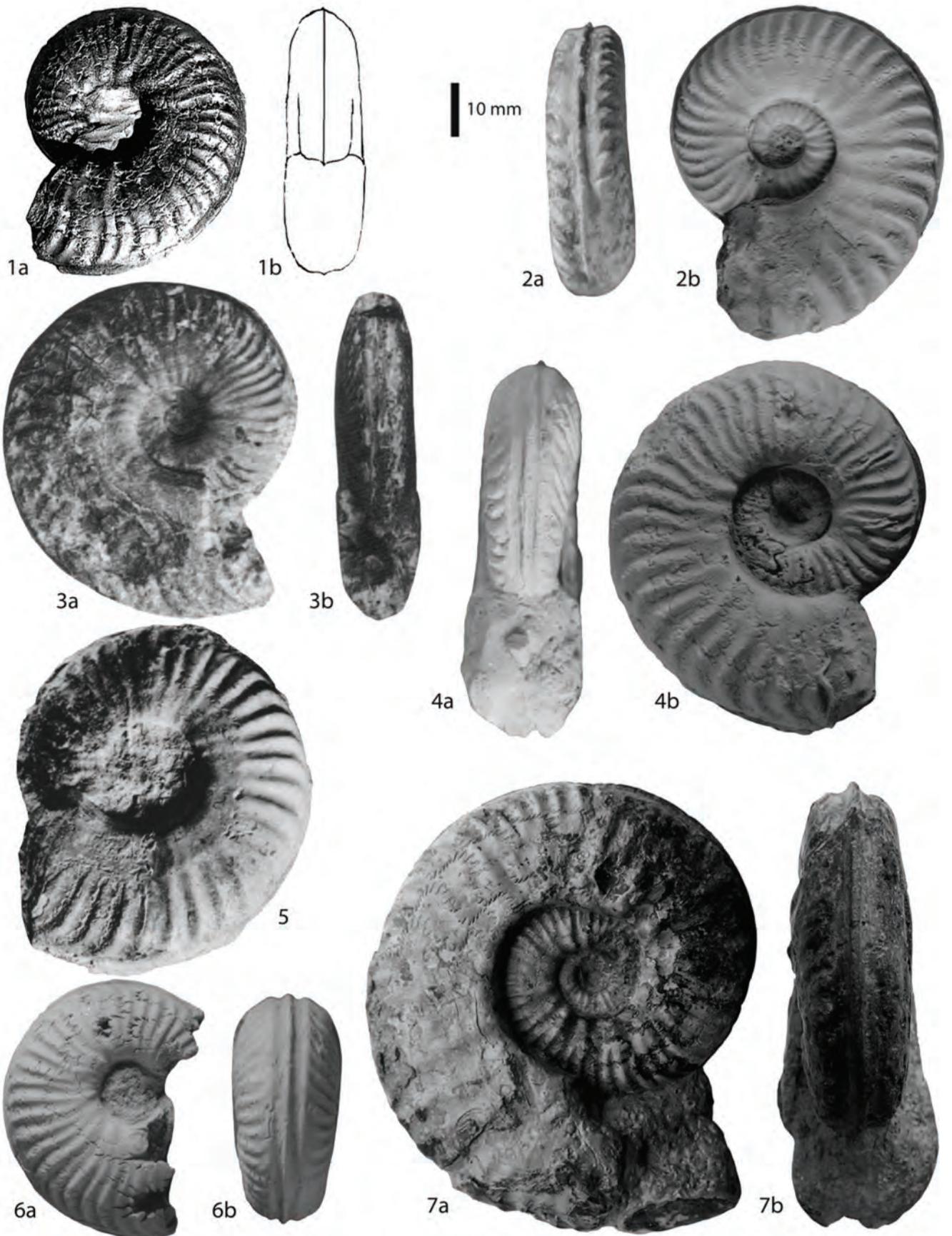
### PLANCHE III

- Fig. 1a-c :** *Pseudocrassicerias frantzi* (Reynès, 1868) n. gen. Figure originale de Reynès (1868, pl. 5, fig. 6a-c). L'exemplaire correspondant (holotype) n'a pas été retrouvé.  
à D=40 ; H=15 (0,37) ; E=14 (0,35) ; O=17 (0,42) ; N=14 (dimensions prises sur la figure)
- Fig. 2a, b :** *Pseudocrassicerias frantzi* (Reynès, 1868) n. gen. PF Toa 115 (coll. D. Lagardette), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=77 ; H=28 (0,39) ; E=19c (0,26) ; O=34 (0,48) ; N=21  
à D=62 ; H=22 (0,35) ; E=16 (0,26) ; O=22 (0,35) ; N=21
- Fig. 3a, b :** *Pseudocrassicerias frantzi* (Reynès, 1868) n. gen. PF Toa 887 (coll. L. Rulleau), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=81 ; H=30 (0,37) ; E=23 (0,28) ; O=31 (0,38) ; N=17  
à D=65 ; H=25 (0,38) ; E=20 (0,30) ; O=22 (0,34) ; N=18
- Fig. 4 :** *Pseudocrassicerias frantzi* (Reynès, 1868) n. gen. Psm 53 (coll. P. A. Dechavanne), zone à Variabilis, Pouilly-sous-Charlieu (Loire).  
à D=70 ; H=20 (0,28) ; E=17c (0,22) ; O=28 (0,40) ; N=20  
à D=50 ; H=18 (0,36) ; E=13c (0,26) ; O=18 (0,36) ; N=19
- Fig. 5a, b :** *Pseudocrassicerias frantzi* (Reynès, 1868) n. gen. PF Toa 943 (coll. M. Gouttenoire), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=55 ; H=20 (0,36) ; E=18c (0,32) ; O=23 (0,42) ; N=19  
à D=42 ; H=17 (0,40) ; E=16 (0,38) ; O=15 (0,35) ; N=17
- Fig. 6a, b :** *Pseudocrassicerias frantzi* (Reynès, 1868) n. gen. G 28 (coll. J. Guex), zone à Variabilis, Le Clapier (Aveyron), figuré par Guex (1972, pl. 4, fig. 5).  
à D=45 ; H=16 (0,35) ; E= ? ; O=15,8 (0,35) ; N=15



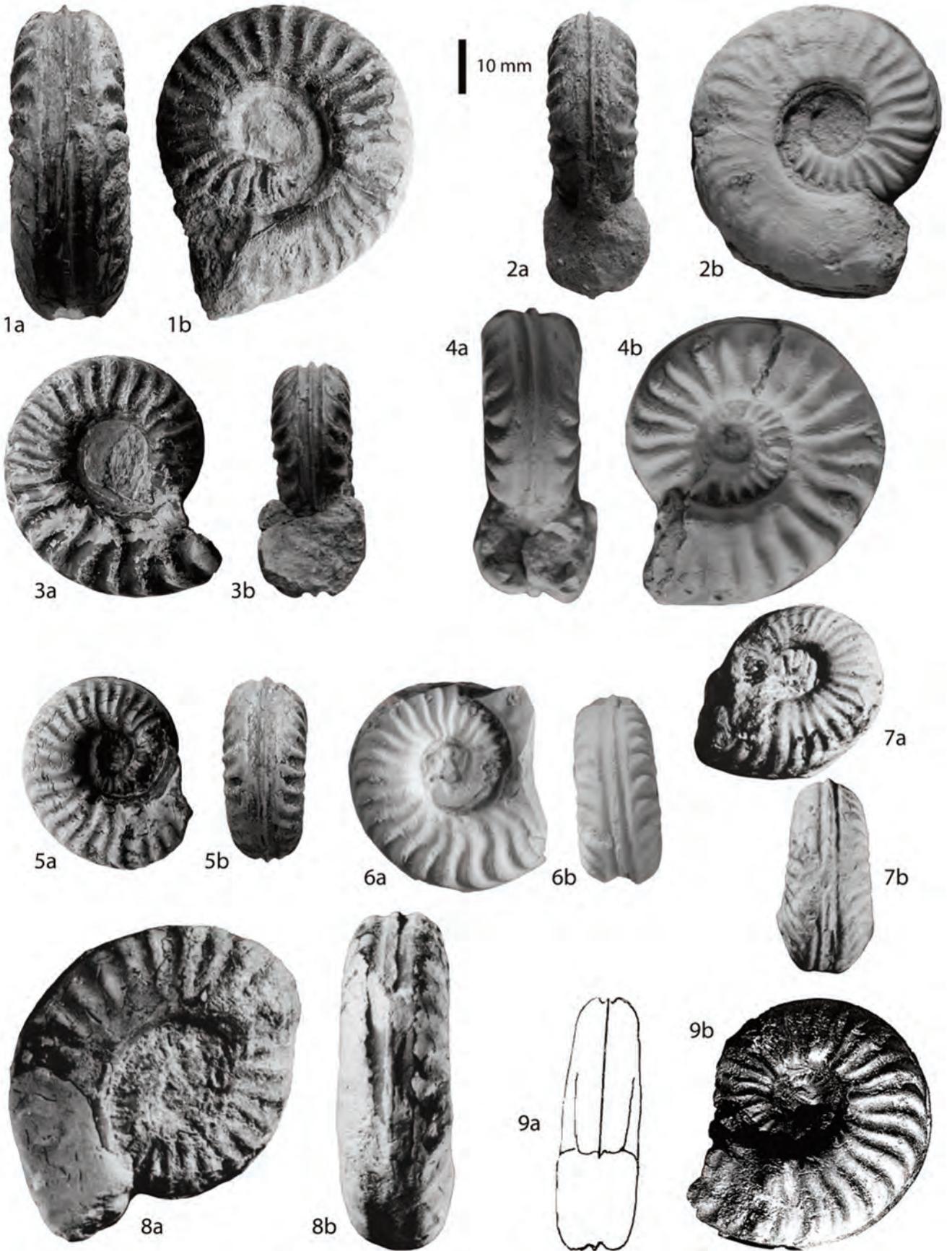
## PLANCHE IV

- Fig. 1a, b :** *Pseudocrassicerias praegruncheri* (Monestier, 1931) n. gen. Holotype figuré par Monestier (1931, pl. 5, fig. 12), sous le nom de *Hildoceras comense* var. *praegruncheri*, « zone à *Harpoceras bicarinatum* » (= zone à *Variabilis*, *pro parte*), Le Guilhomard (Aveyron).  
à D=52 ; H=24 (0,46) ; E=15 (0,28) ; O=13 (0,25) ; N=21 (dimensions données par Monestier, 1931)
- Fig. 2a, b :** *Pseudocrassicerias praegruncheri* (Monestier, 1931) n. gen. PF Toa 988 (coll. J.P. Prandini), zone à *Variabilis*, Belmont.  
à D=60 ; H=27 (0,41) ; E=18 (0,30) ; O=16 (0,26) ; N=18
- Fig. 3a, b :** *Pseudocrassicerias* aff. *praegruncheri* (Monestier, 1931) n. gen. Exemplaire figuré par Sciau (1993, pl. 13, fig. 1) en tant que *Pseudomercaticeras frantzii* Reynès (1868), zone à *Variabilis*, Le Clapier (Aveyron). Morphotype à côtes fines.  
à D=60 ; H=25 (0,41) ; E=15 (0,25) ; O=19 (0,31)
- Fig. 4a, b :** *Pseudocrassicerias* aff. *praegruncheri* (Monestier, 1931) n. gen. FSL 21 (coll. de Riaz), Saint-Romain-au-Mont-d'Or (Rhône).  
à D=74 ; H=28 (0,37) ; E=21 (0,28) ; O=26 (0,35) ; N=19  
à D=53 ; H=21 (0,39) ; E=18 (0,33) ; O=17 (0,32) ; N=18
- Fig. 5 :** *Pseudocrassicerias* aff. *praegruncheri* (Monestier, 1931) n. gen. Exemplaire figuré par Goy (1974, pl. 84, fig. 6), zone à *Variabilis* ?, attribué à *Pseudomercaticeras* aff. *grunowi* (Dumortier, 1874), Maranchon (Espagne).  
à D=64 ; H=35 (0,55) ; E= ? ; O=25 (0,39) ; N=17
- Fig. 6a, b :** *Pseudocrassicerias* n. gen. sp. indet. PF Toa 119 (coll. L. Rulleau), zone à *Variabilis*, Belmont (Rhône).  
à D=42 ; H=20 (0,44) ; E=22 (0,48) ; O=10 (0,22) ; N=20
- Fig. 7a, b :** *Pseudocrassicerias bayani* (Dumortier, 1874) n. gen. Psm 57 (coll. M. Gouttenoire), zone à *Variabilis*, Belmont (Rhône).  
Exemplaire complet de très grande taille.



## PLANCHE V

- Fig. 1a, b :** *Pseudocrassicerias arbaulti* n. gen. n. sp. PF Toa 894 (coll. L. Rulleau), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=64 ; H=22 (0,37) ; E=22 (0,37) ; O=24 (0,37) ; N=17  
à D=52 ; H=19 (0,36) ; E=18 (0,35) ; O=16 (0,30) ; N=15
- Fig. 2a, b :** *Pseudocrassicerias* aff. *arbaulti* n. gen. n. sp. PF Toa 987 (coll. J. P. Prandini), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=55 ; H=20 (0,36) ; E= 20 (0,36) ; O=20 (0,36) ; N=18
- Fig. 3a, b :** *Pseudocrassicerias arbaulti* n. gen. n. sp. PF Toa 946 (coll. J. Arbault), holotype, zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=53 ; H=21 (0,39) ; E=20 (0,37) ; O=20 (0,37) ; N=12  
à D=38 ; H=18 (0,47) ; E=17 (0,44) ; O=14 (0,37) ; N=12
- Fig. 4a, b :** *Pseudocrassicerias arbaulti* n. gen. n. sp. Psm 22 (coll. M. Gouttenoire), cotype, zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=53 ; H=20 (0,37) ; E=21 (0,39) ; O=20 (0,37) ; N=12  
à D=43 ; H= 16 (0,37) ; E=18 (0,41) ; O=16 (0,37) ; N=12
- Fig. 5a, b :** *Pseudocrassicerias* aff. *arbaulti* n. gen. n. sp. PF Toa 989 (coll. P. Bouault), sous-zone à Variabilis, Charnay (Rhône).  
à D=40 ; H=15 (0,37) ; E=17 (0,42) ; O=13 (0,32) ; N=13
- Fig. 6a, b :** *Pseudocrassicerias* aff. *arbaulti* n. gen. n. sp. PF Toa 118 (coll. J. Igolen), zone à Variabilis, Belmont (Rhône).  
à D=38 ; H=14 (0,36) ; E=16 (0,42) ; O=14 (0,36) ; N=12
- Fig. 7a, b :** *Pseudocrassicerias* aff. *arbaulti* n. gen. n. sp. Exempleaire figuré par Goy (1974, pl. 84, fig. 3), sous le nom de *Crassicerias* aff. *dimorphum* Merla, zone à Variabilis, Turmiel (Espagne).
- Fig. 8a, b :** *Pseudocrassicerias arbaulti* n. gen. n. sp. Exempleaire figuré par Goy (1974, pl. 84, fig. 1), sous le nom de *Crassicerias canavarii* Merla, zone à Variabilis, Renales (Espagne).
- Fig. 9a, b :** *Pseudocrassicerias* aff. *arbaulti* n. gen. n. sp. Exempleaire figuré par Monestier (1931, pl. 5, fig. 3), sous le nom de *Hildoceras mercati* Hauer, 1856, zone à Bifrons, Le Guilhomard (Aveyron).  
à D=50 ; H=19 (0,38) ; E=16 (0,32) ; O=17 (0,34) ; N=13 (dimensions données par Monestier)



**Matériel** : 6 exemplaires provenant de Belmont (Rhône) et 1 exemplaire espagnol figuré par Goy.

**Description** : ammonites épaisses et évolutives, à section quadratique et région ventrale large et bisulquée, surtout remarquables par leurs côtes simples, vigoureuses et espacées, très peu flexueuses, sauf au stade juvénile.

**Comparaisons** : c'est avec les *Crassiceras* italiens décrits par Merla que nos ammonites présentent le plus d'affinités, et en particulier avec *C. canavarii* (fig. 8a et b. de Merla), espèce à laquelle nous avons d'abord attribué nos exemplaires. Cependant, *P. belmonti* s'en sépare nettement par sa section plus quadratique et ses côtes plus fortes et non rétroversées.

Les exemplaires regroupés sous ce nouveau nom présentent une grande variabilité. Ainsi, celui de la pl. 4, fig. 1 (PF Toa 894) avec un enroulement et une épaisseur conformes au type, s'en distingue par une costulation moins grossière proche de celle de *P. frantzi*, de même que l'exemplaire de la fig. 2 (Psm 27). Les ammonites des fig. 5 (Psm 54) et 6 (PF Toa 118) présentent des côtes plus flexueuses, la seconde ayant d'abord été rapprochée (Rulleau 2006) de *C. dimorphum* (figures 11 et 12 de Merla), mais présente une costulation moins dense et plus vigoureuse. L'ammonite figurée par Goy (1974, pl. 84, fig. 3) en est très proche, alors que son exemplaire (pl. 84, fig. 1) peut sans problème être assimilé à la nouvelle espèce. Enfin, l'« *Hildoceras mercati* » de Monestier (1931, pl. 5, fig. 3) semble intermédiaire entre *P. arbaulti* et *P. frantzi*.

**Position stratigraphique** : sous-zone à Variabilis, mais semble-t-il au-dessus du groupe de *P. bayani*.

**Répartition géographique** : *P. belmonti* n'a été recueilli que dans la région lyonnaise. Mais deux ammonites figurées par Goy en Espagne du Nord peuvent être rapprochées de cette espèce.

### *Pseudocrassiceras* n. sp.

(pl. 5, fig. 6)

2006 *Crassiceras* aff. *latum* Merla, Rulleau (pl. 25; fig. 3)

D'abord rapprochée de *Crassiceras latum* Merla, cette ammonite épaisse et involute, trouvée en exemplaire unique, s'en distingue par ses flancs arrondis et ses côtes plus fines et plus nombreuses. Aucune autre figuration ne semble pouvoir en être rapprochée.

**Position stratigraphique** : zone à Variabilis

**Situation géographique** : carrières Lafarge à Belmont (Rhône)

### **Origine et évolution des *Pseudocrassiceras* :**

Le groupe des *Pseudocrassiceras* ci-dessus défini apparaît brusquement à la base de la zone à Variabilis de la province NW européenne et se démarque nettement par ses caractères morphologiques des Mercaticeratinae méditerranéens contemporains, dont aucun représentant indubitable n'a été retrouvé en France. Puis les *Pseudocrassiceras* disparaissent avant la sous-zone à Illustis, occupant donc un espace temporel bien plus réduit que leurs homologues méditerranéens.

Si les espèces présentes en France étaient les mêmes qu'en Italie on pourrait admettre une période de communication accrue, mais à sens unique (pas d'*Haugia* ni de *Catacoeloceras* en secteur méditerranéen) et les « *Pseudocrassiceras* », dont la séparation générique n'aurait alors plus lieu d'être, seraient des migrants occasionnels. Mais cette hypothèse est infirmée par les différences existant entre les deux groupes, malgré des convergences morphologiques certaines. Il existe également des différences d'âge entre les deux groupes pour autant que l'on puisse en juger à cause de l'imprécision des données stratigraphiques concernant les espèces méditerranéennes. Par ailleurs, il est exclu de rechercher un

ancêtre au groupe de *P. bayani* parmi les genres ayant vécu en France à la même époque ou légèrement avant : nous ne pourrions retenir ni les *Hildoceras*, ni les Harpoceratinae (*Pseudolioceras* ou *Oesperlioceras*), ni évidemment les Dactylioceratinae

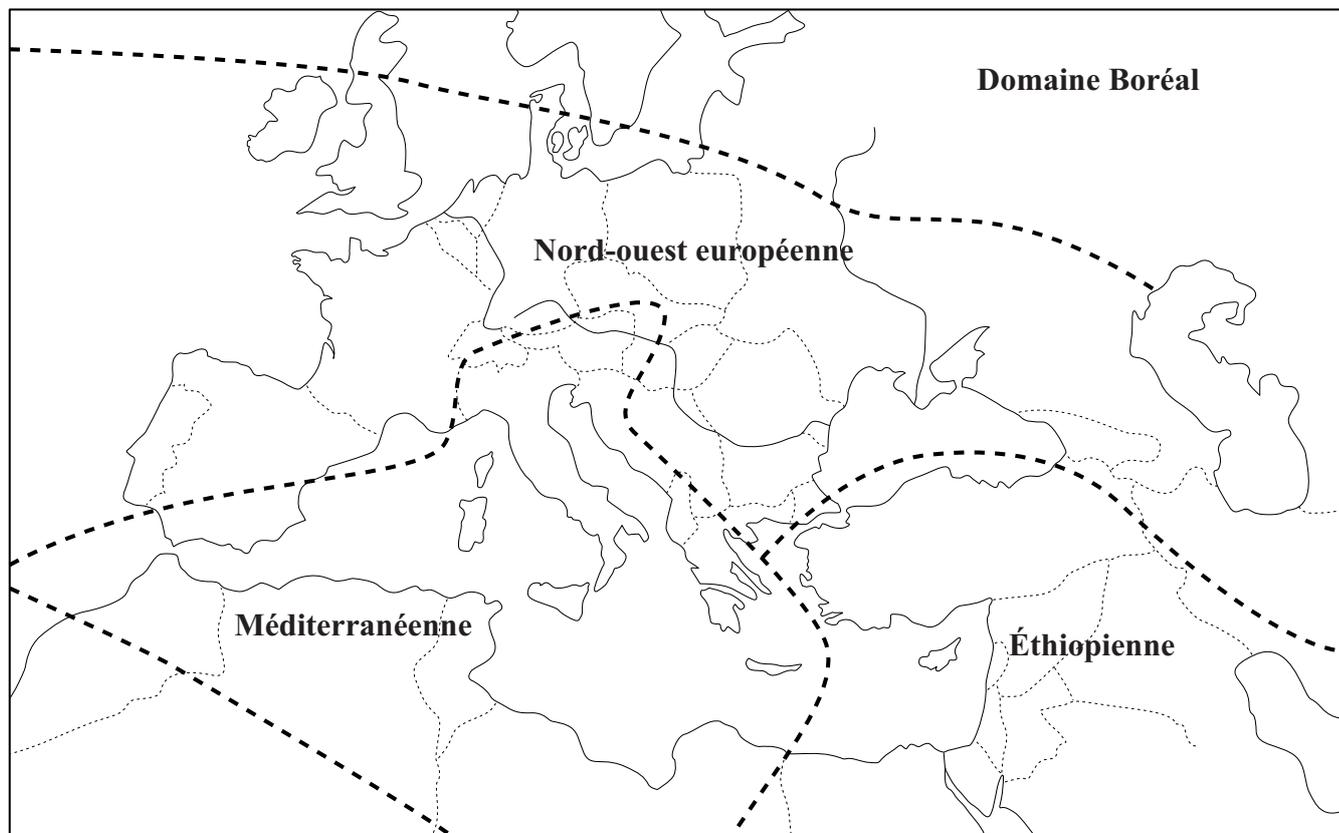


Fig. 6 - Limites des provinces du Toarcien moyen en Europe, Afrique du Nord et Asie de l'ouest (d'après Kovacs, 2015)

Compte tenu des caractères originaux des *Pseudocrassiceras*, une deuxième possibilité nous semble plus crédible, celle d'un développement dans la province NW européenne d'un rameau autochtone indépendant, parallèle à une partie des genres méditerranéens. Cependant, la question reste posée de l'ancêtre, indubitablement méditerranéen de ce rameau, puisque dès son apparition en France le genre *Pseudocrassiceras* est représenté à la base de la sous-zone à Variabilis, voire même au sommet de la sous-zone à Semipolimum, par deux espèces n'existant vraisemblablement pas en Italie : *P. bayani* et *P. frantzi*. Cette dernière espèce, encore proche des *Pseudomercaticeras*, et même si elle ne se trouve pas en secteur méditerranéen, les désigne comme les ancêtres directs du genre *Pseudocrassiceras*. Il est cependant étonnant qu'aucun membre de ce groupe ne se retrouve en France, le changement d'espèces se faisant de façon abrupte, sans doute sous l'influence d'un milieu différent et reproduisant la variabilité des *Crassiceras*. L'origine méditerranéenne des *Pseudocrassiceras* étant admise, il reste donc à imaginer le scénario de leur passage en France et en fait, bien que la première soit la plus probable, quatre hypothèses sont envisageables :

- Migration à partir de l'Italie, vers le Sud-est de la France, mais à quel niveau : zone à Bifrons ou zone à Variabilis ? et à partir de quelle espèce ? Puis extension vers le Sud du Massif Central, le Centre-ouest et les chaînes ibériques (mais apparemment synchronisme de l'apparition de *P. bayani* dans ces différentes régions).
- Migration à partir de l'Espagne du Sud (chaînes bétiques) où se retrouvent les faunes méditerranéennes de Mercaticeratinae, puis arrivée en France via l'Espagne du Nord où se produisent les mutations. Cependant l'espèce *P. bayani* n'a pas été repérée dans ce dernier pays.

- Combinaison de ces deux approches, ce qui paraît cependant peu plausible.
- Arrivée en France par la voie atlantique (hypothèse suggérée par P. Fauré), le Portugal étant alors proche des côtes françaises. Un argument biologique s’y oppose cependant. Si l’on compare les trois régions les plus « productives » en fossiles de la zone à Variabilis, on voit que parmi les milliers d’ammonites recueillies dans ces gisements le nombre d’exemplaires de Mercaticeratinae recueillis décroît d’Est en Ouest : près de 50 dans la région lyonnaise, bien moins dans les Causses et 1 seul dans la région du stratotype (carrière d’Airvault, Deux-Sèvres), ce nombre étant évalué d’après nos récoltes personnelles et la visite de nombreuses collections publiques ou privées.

Un autre exemple, presque analogue, de migration à sens unique est celui des *Paroniceras*, bien présents en Italie dès la fin de la zone en Bifrons et présents en France au sommet de la sous-zone à Variabilis. Dans ce cas il s’agit des mêmes espèces, mais elles aussi non accompagnées d’autres ammonites méditerranéennes contemporaines. *P. sternale* est ainsi présente, avec une répartition paléogéographique très proche de celle des *Pseudocrassiceras* non seulement dans la province méditerranéenne, mais aussi en France et dans les chaînes ibériques.

### Conclusion :

La comparaison attentive des faunes de Mercaticeratinae de la province NW européenne d’une part et de la province méditerranéenne d’autre part a révélé qu’elles diffèrent très sensiblement et qu’il paraissait judicieux de regrouper les premières dans un nouveau genre, *Pseudocrassiceras*. Celui-ci, apparu en France et en Espagne du Nord à la base de la zone à Variabilis a eu une durée de vie très brève puisqu’il a disparu sans descendance avant la fin de cette même zone.

Si l’origine de ce nouveau taxon se trouve incontestablement dans les Mercaticeratinae méditerranéens, on ne connaît pas l’ancêtre immédiat de *P. bayani*, espèce la plus abondante et la plus souvent citée en France, ni la voie migratoire suivie par cet ancêtre. En effet, les Mercaticeratinae existent dans la zone à Bifrons aussi bien en Italie qu’en Espagne, et peuvent donc avoir pénétré en France en venant de ces deux pays.

Cet article est un condensé de l’article sur le même sujet (Rulleau L. & Jattiot R.) – Les Mercaticeratinae Guex (Ammonitina, Hildoceratidae) du Toarcien moyen de la région lyonnaise et du sud de la France. *Revue de Paléobiologie, Genève*, 38/1 : 19-38) dans lequel se trouve entre autres une bibliographie détaillée et dont je peux vous envoyer le PDF si vous le souhaitez.



Fig. 7 - *Pseudomercaticeras bayani* - Toarcien moyen - Belmont  
PF Toa 887 (coll. L. Rulleau) - 6 cm - © Photo Henri Darmaillac

---

---

# Les *Tmetoceras* de la région lyonnaise

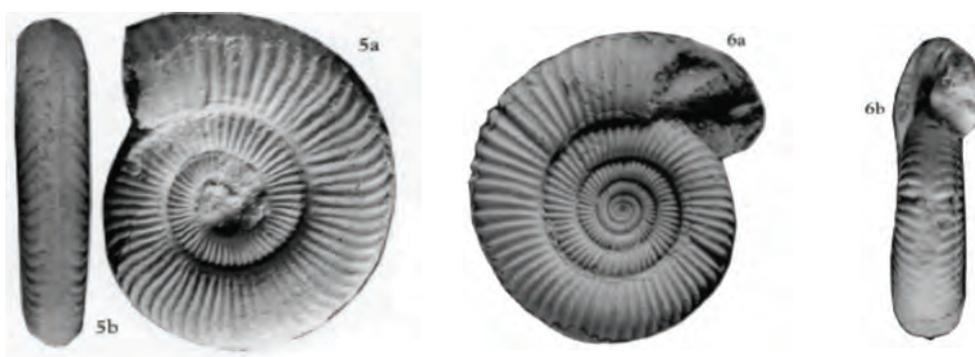
---

---

par Fabien GUIRAUD

## Introduction

Le genre *Tmetoceras* est apparu au début de l'Aalénien. Il est issu du genre *Catulloceras* (Gemmellaro, 1886) daté de la fin du Toarcien supérieur zone à Aalensis, lui-même issu du genre *Dumortieria* (HAUG, 1885).



*Dumortieira regularis*  
Bukman D = 63 mm

*Catulloceras dumortieri*  
(Thiollière in Dumortier) D = 65 mm

Figure 1 : les ancêtres du genre *Tmetoceras* (Rulleau, 2006, Planche 51 et 52)

À l'heure actuelle, ce genre est attribué tantôt aux Hildoceratidae, tantôt aux Graphoceratidae. Dans le présent article, nous partirons du postulat que les *Tmetoceras* appartiennent à la famille des Graphoceratidae.

## 1. Présentation du genre

Le genre *Tmetoceras*, dérivé du genre *Catulloceras* (Gemmellaro, 1886), a vécu durant tout l'Aalénien (zone à Opalinum - zone à Concavum, Rulleau, 2006).

Le nom de *Tmetoceras* a été proposé par Buckmann dans sa monographie datant de 1892. Ce genre a, par la suite, été détaillé par Westermann (1964) lors de la description de la faune des formations de Kialagvik en Alaska (Westermann et Riccardi, 1972).



Cette répartition importante permet de comprendre que le genre *Tmetoceras* est retrouvé dans de nombreux pays de par le monde, aussi bien depuis l'Alaska et l'Argentine qu'en passant par l'Europe (France, Espagne, Italie, ...) et l'Asie (Thaïlande, Japon).



Figure 3 : position des gisements actuels de *Tmetoceras*

### 3. Position stratigraphique

Le genre *Tmetoceras* est rencontré durant tout l'Aalénien, depuis la zone à Opalinum jusqu'à la zone à Concavum, soit entre -174 et -170 Ma.

Dans la région lyonnaise, et plus particulièrement dans la carrière de Belmont d'Azergues, le genre *Tmetoceras* est fréquemment rencontré dans les niveaux de la base de l'Aalénien (Rulleau, 2006) :

#### Zone à Opalinum

Dans la sous-zone à Opalinum, *Tmetoceras circulare* BUCKMAN est rencontré en association fréquente avec *Leioceras (Leioceras) opalinum* (REIN.), L. (*L. lineatum* BUCK. et *Erycites sp.* De rares *Leioceras (Leioceras) subglabrum* BUCK., *Breydia* et *Pseudammatoceras* peuvent également être rencontrés.

Dans la sous-zone à Comptum, dans laquelle les Graphoceratidae sont prédominants, *Tmetoceras scissum* est fréquemment rencontré et est accompagné par (liste non exhaustive) : *Erycites fallifax* ARK. et *E. (Erycites) intermedius* PRINZ., *Breydia lagardettei*, *Calliphylloceras charnayense*, *Planammatoceras planinsigne* (VAC.)...

#### Zone à Murchisonae

Le « niveau vineux » observé à Belmont a permis de collecter *Tmetoceras scissum*, en compagnie de de *Staufenia sinon* (BAYLE), *Ancolioceras opalinoides* (MAYER), *Erycites fallifax*, *Pachilytoceras rugulosum* (VAC.), *Pseudammatoceras aff. allobrogense* (DUM.)...

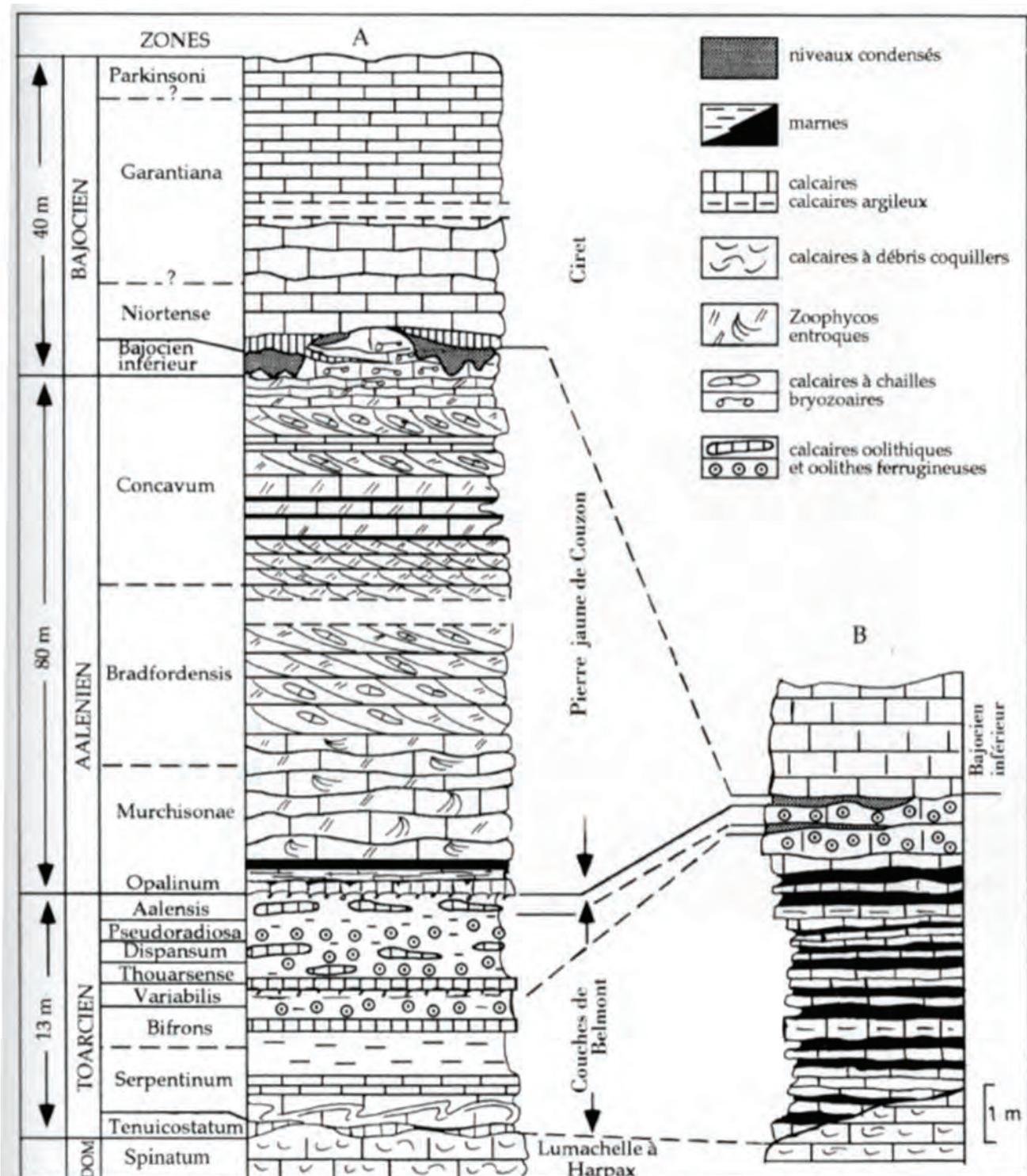


Figure 4 : cadre stratigraphique (Rulleau, 2006)

### Zone à Bradfordensis

Les terrains appartenant à cette zone étant peu fossilifères dans les Monts d'Or, *Tmetoceras* ne semble pas encore avoir été observé dans ces niveaux à Belmont. *Tmetoceras scissum morph. hollandae* a toutefois été rencontré dans les autres gisements de la région, notamment dans le nord Isère (gisements de Saint Quentin Fallavier).

### Zone à Concauum

Cette zone étant très lenticulaires dans l'Ouest lyonnais, le genre *Tmetoceras* n'a pas été figuré à notre connaissance.

## 4. Étude systématique

**Super-Famille des Hammatoceraceae SCHINDEWOLF, 1964**

**Famille des Graphoceratidae BUCKMAN, 1905**

**Sous famille des Dumortieriinae MAUBEUGE 1950**

**Genre *Tmetoceras* BUCKMAN, 1892**

**Espèce-type** : *Ammonites scissus* (BENECKE, 1865)

La première espèce pouvant être rattachée au genre *Tmetoceras* a été décrite par Benecke en 1865. Ce fut Buckman, en 1892, qui proposa le nom de genre *Tmetoceras*.

À ce jour, les espèces suivantes sont décrites :

- *Tmetoceras acanthicum* SIEMIRADZKI, 1923
- *Tmetoceras alpinum* THALMANN 1924
- *Tmetoceras circulare* BUCKMAN 1904
- *Tmetoceras dhanarajatai* SATO 1964
- *Tmetoceras difalense* GEMMELLARO 1886
- *Tmetoceras gemmellaroi* FUCINI, 1894
- *Tmetoceras henriquesae* SANDOVAL, 2002
- *Tmetoceras hollandae* BUCKMAN, 1883
- *Tmetoceras kirki* WESTERMANN, 1964
- *Tmetoceras reticostatum* SATO, 1954
- *Tmetoceras regleyi* THIOLLIERE in DUMORTIER, 1874
- *Tmetoceras scissum* BENECKE, 1865
- *Tmetoceras (Tmetoites) tenue* WESTERMANN, 1964
- *Tmetoceras sp.* SEYED-EMAMI, 1993
- *Tmetoceras (Tmetoites) sp.* WESTERMANN, 1964
- *Tmetoceras Welschi* ROMAN & BOYER, 1924

Dans la carrière de Belmont d'Azergues, et plus largement dans l'ensemble de la région lyonnaise, 5 morphotypes sont généralement rencontrés, dont 4 sont figurés sur les planches ci-après.

### ***Tmetoceras circulare* Buckman 1904**

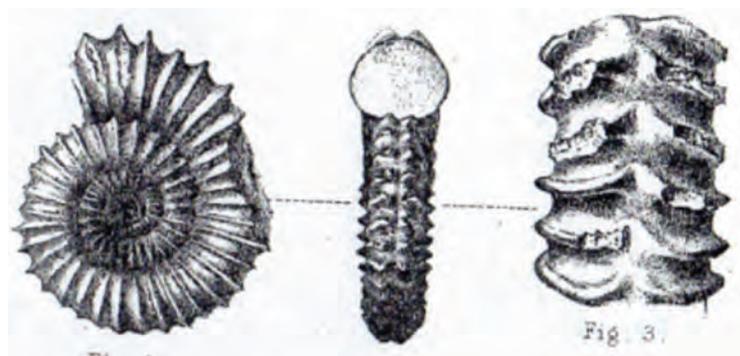


Figure 5 : représentation de l'holotype de *Tmetoceras circulare* Buckman, 1904

Décrite par Buckman en 1904, *T. circulare* est très proche de *T. scissum*, à tel point que Fernandez-Lopez *et. al* (1999) la considère comme un synonyme.

Buckman avait pris en considération cette ressemblance mais l'a maintenue comme une espèce à part entière car, malgré ses proportions identiques à *T. scissum*, la section serait plus arrondie et plus évolutive.

### *Tmetoceras difalense* Gemmellaro 1886

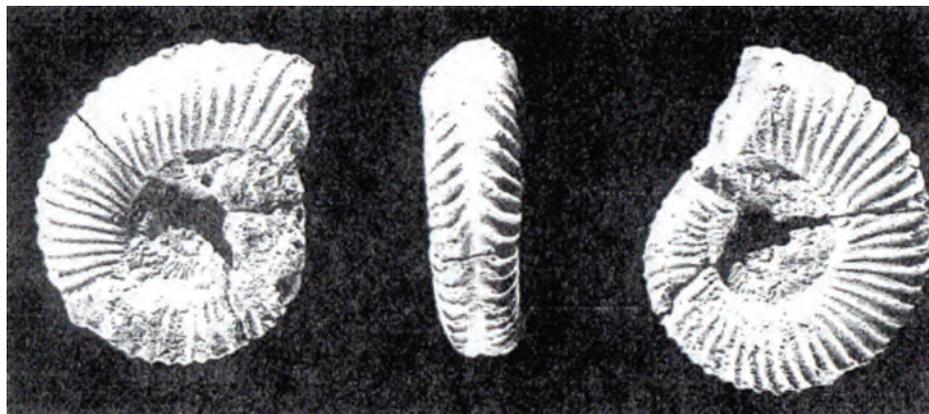


Figure 6 : holotype de *Tmetoceras difalense* Gemmellaro, 1886

Cette espèce a été initialement attribuée au genre *Parkinsonia* puis rattachée au genre *Tmetoceras* par Bonarelli (1893).

Fernandez-Lopez *et al.* (1999) considéraient qu'il s'agissait d'un synonyme de *T. regleyi*, ce que semble réfuter Sandoval par la comparaison visuelle directe de l'holotype avec des spécimens de *T. regleyi*.

En 2002, Sandoval (in Pavia et Cresta) décrivait l'holotype comme étant un macroconque immature de taille moyenne relativement involute.

Cette espèce est effectivement caractérisée par une forme involute à section subrectangulaire légèrement compressée et à cloison ombilicale modérément raide. Les flancs sont relativement plats à très légèrement convexes au niveau de la chambre d'habitation.

L'ornementation consiste en une forte densité de côtes fines mais proéminentes. Elles sont sigmoïdes et légèrement proverses au niveau de la cloison ventrale, puis deviennent droites en direction de la cloison ombilicale, avec une légère vague au milieu. Les constrictiones ne sont pas développées.

### *Tmetoceras henriquesae* Sandoval, 2002

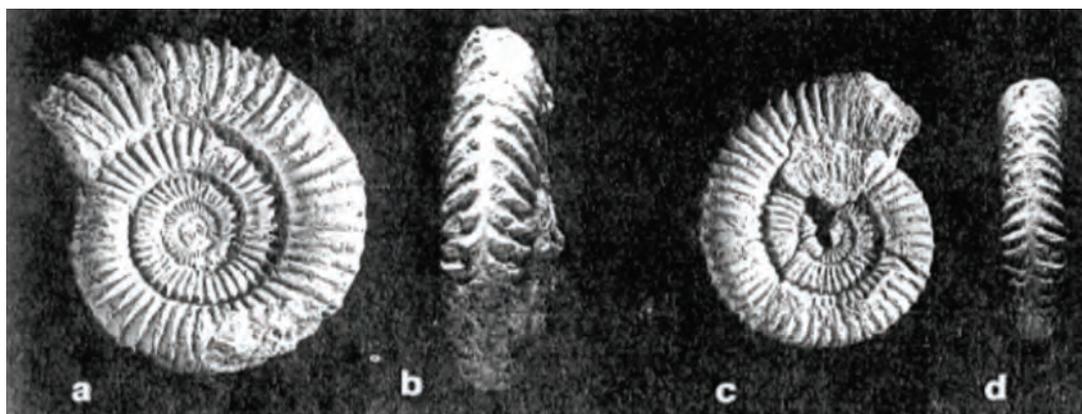


Figure 7 : holotype de *Tmetoceras henriquesae* Sandoval, 2002

Cette espèce a été décrite par Sandoval en 2002 suite à la révision du matériel de la collection de Gemmellaro. Initialement dénommée *Tmetoceras vaceki* Gemmellaro, l'auteur a préféré modifier le nom afin d'éviter toute confusion avec un autre genre (*Spinnamatoceras vaceki* Gemmellaro) morphologiquement proche et rencontré dans les mêmes terrains en Italie.

*T. henriquesae* présente un enroulement très évolutive et une section sub-carrée. La costulation est fine et tranchante, légèrement concave vers l'avant au niveau de la chambre d'habitation, et relativement dense. Au niveau de la paroi ventrale, les côtes sont tranchantes, sans former de tubercules.

La région ventrale présente également une légère vague. Au niveau de la fin de la chambre d'habitation chez l'adulte, la vague peut quasiment former une langue.

Des constriction peuvent également être observées (2 à 3 par tour) mais elles sont généralement peu marquées.

### ***Tmetoceras hollandae* Buckman, 1883**



Figure 9 : représentation de *Tmetoceras hollandae* Buckman, 1883

*T. hollandae* a été décrite par Buckman la première fois en 1883 à partir de matériel provenant du Dorset (Angleterre).

Cette espèce présente des flancs comprimés, et des côtes fines et rétroverses à partir du premier tiers à partir de la paroi ombilicale.

Sur la paroi ventrale, les côtes sont perpendiculaires au sillon ventral.

À Belmont d'Azergues, Rulleau (1994) a décrit certains spécimens de *T. scissum* présentant un morphotype *hollandae* Buckman. En effet, il s'agissait de formes plus comprimées et plus involutes que le type de l'espèce, et présentant des côtes rétroverses.

### ***Tmetoceras scissum* Benecke, 1865**

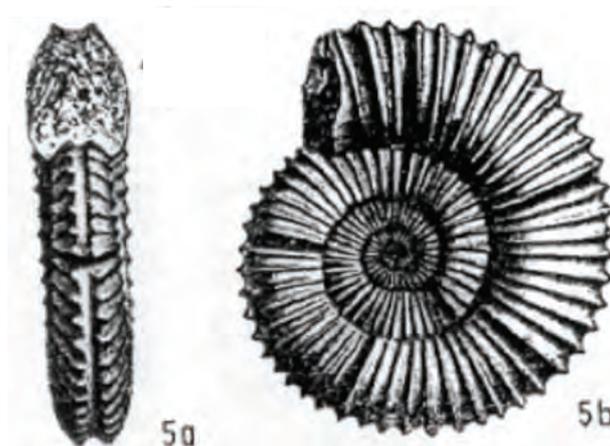


Figure 10 : holotype de *Tmetoceras scissum* Benecke, 1865

Il s'agit d'une espèce de taille moyenne, pouvant aller jusqu'à un diamètre de 80 mm. Elle est caractérisée par un enroulement évolutive à très évolutive à section sub-circulaire dans sa forme juvénile à sub-rectangulaire dans sa forme adulte.

La costulation est droite à légèrement flexueuse, généralement radiale à légèrement rétroverse. Les côtes sont tranchantes et plus étroites que l'espace intercostal. Sur le bord ventral, elles se terminent par un léger bourrelet qui borde un sillon évasé et profond.

Cette espèce présente une large répartition géographique, aussi bien Europe de l'ouest (France, Espagne, Allemagne, Suisse, Italie) que dans les pays du Caucase, en Alaska, au Chili, au Japon (?), en Thaïlande et en Grande Bretagne.

## 5. Conclusion

Le genre *Tmetoceras*, bien que présentant une dispersion importante lors de l'Aalénien, est représenté par un nombre très limité d'espèces, en comparaison avec d'autres genres (*Leioceras*, *Hammatoceras*,...).

En France, et plus particulièrement dans notre région rhônalpine, l'espèce la plus communément rencontrée dans les collections est *T. scissum*, probablement du fait de sa costulation remarquable.

Dans la carrière Lafarge de Belmont d'Azergues, la méconnaissance des autres espèces est probablement liée à leur petite taille et leur aspect moins spectaculaire mais également aux couches de l'Aalénien prospectées, essentiellement la partie basale. Dans l'Est lyonnais, la quasi-absence d'autres espèces est liée à la stratigraphie du nord Isère qui présente de très nombreuses lacunes.

Je vous invite donc à en découdre avec l'idée reçue que « tous les *Tmetoceras* se ressemblent » et à faire entrer dans vos collections les cousins plus petits, mais non moins intéressants, de *T. scissum*.

## PLANCHE I

**Fig. 1 :** *Tmetoceras circulare* BUCKMAN (coll. Rulleau), Belmont (Rhône)  
D = 52 mm

**Fig. 2 :** *Tmetoceras circulare* BUCKMAN (coll. Arbault), Belmont (Rhône)  
D = 44.5 mm

**Fig. 3 a et b :** *Tmetoceras scissum* BENECKE (coll. Arbault), Belmont (Rhône)  
D = 72 mm

**Fig. 4 a et b :** *Tmetoceras scissum* BENECKE (coll. Fuselier), Belmont (Rhône)  
D = 115 mm

**Fig. 5 :** *Tmetoceras scissum morphotype hollandae* BUCKMAN (coll. Arbault), Belmont (Rhône)  
D = 25 mm

**Fig. 6 :** *Tmetoceras scissum* BENECKE (coll. Belabbas), Belmont (Rhône)  
D = env. 70 mm

Planche 1

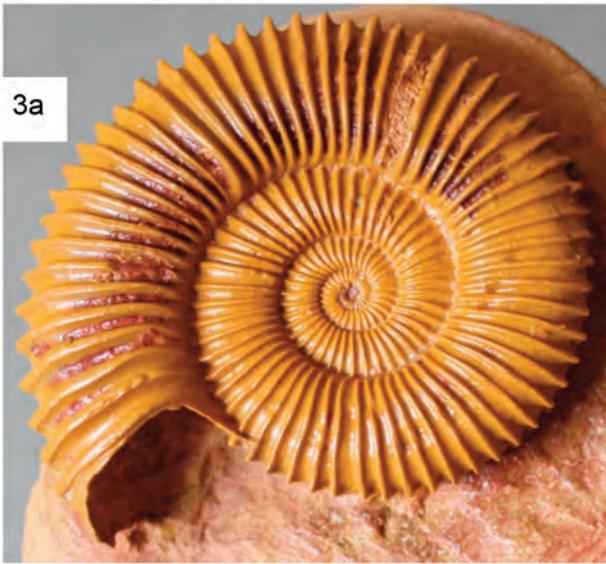


## PLANCHE II

- Fig. 1 :** *Tmetoceras scissum* BENECKE (coll. Rulleau), Belmont (Rhône)  
D = 76 mm
- Fig. 2 a et b :** *Tmetoceras scissum* morphotype proche de *difalense* GEMMELLARO (coll. Thevenard), Saint-Quentin-Fallavier (Isère).  
D = 36 mm
- Fig. 3 a et b :** *Tmetoceras scissum* BENECKE (coll. Bonnot), Belmont (Rhône)  
D = 80 mm
- Fig. 4a et b :** *Tmetoceras scissum* BENECKE associé à *Tmetoceras scissum morphotype hollandae* BUCKMAN (coll. Rulleau), Belmont (Rhône)  
D = 78 mm
- Fig. 5 a et b :** *Tmetoceras scissum* BENECKE (coll. Arbault), Belmont (Rhône) ; Spécimen terratologique ayant subi une blessure qui a entraîné une malformation des côtes.  
D = 59 mm
- Fig. 6 :** *Tmetoceras scissum* BENECKE (coll. Arbault), Belmont (Rhône) ; Spécimen terratologique ayant subi une blessure qui a entraîné une malformation des côtes.  
D = 48 mm
- Fig. 7 :** *Tmetoceras scissum* BENECKE (PF Aal317 - coll. Gazeau), Belmont (Rhône)  
D = 68 mm

## Bibliographie

- ARKELL, W.J., KUMMEL, E., and WRIGHT, Cw., 1957, *Mesozoic Ammonoidea*, in : Treatise on Invertebrate Paleontology, (L), Mollusca 4, Cephalopoda, Ammonoidea (R.C. Moore, ed.), The Geological Society of America and The University of Kansas Press, Lawrence, Kansas, pp. L80-L437.
- BUCKMAN, S. S. 1860-1929. *A Monograph of the Ammonites of the «Inferior Oolite Series»* : (Stages-Toarcian, Pars; Aalenian; Bajocian; Bathonian, Pars). London: Printed for the Palaeontographical Society, 1887/1907.
- DONOVAN, D.T., CALLOMON, J.H., HOWARTH, M.K., 1981, *Classification of the Jurassic Ammonitina*, in : The Ammonoidea (H.R. House and J.R. Senior, eds.), The Systematics Ass., Spec. Vol. 18: 101-155.
- FERNANDEZ-LOPEZ, S.R., HENRIQUES, M.H., LINARES A., SANDOVAL, J., URETA, M.S. *Aalenian Tmetoceras* (Ammonoidea) from Iberia, Taxonomy, Habitats, and Evolution - Advancing Research on Living and Fossil Cephalopods, edited by Oloriz and Rodriguez-Tovar. Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York, 1999.
- GECZY, B., 1967, *Ammonoides jurassiques de Csemye, Montagne Bakony, Hongrie. Part II* (excl. Hammatoceratidae), Geol. Hung. (Paleontol.) 35: 1 – 413.
- KOVACS, Z., 2010. *Tmetoceratidae (Ammonitina) fauna from the Geresce Mts (Hungary)*
- RULLEAU, L., 1994. *Les Graphoceratidae du Toarcien supérieur et de l'Aalénien de la région Lyonnaise*, section Geo du C.E. Lafarge Usine du Val d'Azergues, 13 p., 28 pl.
- RULLEAU, L., 2006. *Biostratigraphie et paléontologie du Lias supérieur et du Dogger de la région Lyonnaise, tome 1*. Édition Louis Rulleau et la Section Géo-Paléo du Comité d'Établissement des carrières Lafarge à Lozanne. 382 p., 116 pl.
- SANDOVAL, J. 2002. *Taxonomic cards: Subfamily Tmetoceratinae Spath, 1936*. In: Pavia G. & Cresta S. (eds), Quaderni del Museo geologico "G.G. Gemmellaro", 6: 160-166
- SCOTESE, C.R., 2014. *Atlas of Jurassic Paleogeographic Maps*, PALEOMAP Atlas for ArcGIS, volume 4, The Jurassic and Triassic, Maps 32-42, Mollweide Projection, PALEOMAP Project, Evanston, IL.
- WESTERNMANN, G.E.G., and RICCARDI, A.C., 1972, *Middle Jurassic ammonoid fauna and biochronology of the Argentinian-Chilean Andes. Part I: Hildocerataceae*, Palaeontogr. Abt 140: 1 - 116.



---

---

# Les ichnofossiles

---

---

par Sylvain VIGARIÉ

## Préambule

### Un mot étrange pour une science récente

Si le mot fossile est à présent bien connu de tous, il n'en va pas de même pour « Ichnofossile ». Étymologiquement le terme ichno vient du grec *ιχνος*, *ikhnos*, empreinte, trace et du latin *fossilis*, de *fossum*, supin de *fodere*, fouir, donc littéralement : « trace enfouie ».

La partie de la paléontologie qui étudie les ichnofossiles est la « Paléoichnologie » (du grec : *palaios*, ancien ; *ιχνος*, *ikhnos*, empreinte, trace ; *logos*, étude, discours, science) qui est donc la science des traces anciennes.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, la paléoichnologie n'est pas la parente pauvre de la paléontologie, car le domaine qu'elle étudie est immense et apporte des éclairages surprenants en biologie comportementale, en paléoclimatologie et en paléoécologie.

La paléoichnologie est la grande discrète du XIX<sup>e</sup> siècle qui vit l'apparition et le développement de la paléontologie avec des savants illustres comme CUVIER, LAMARCK, DE BLAINVILLE, D'ORBIGNY, AGASSIZ et tant d'autres qui surent tout au long de ce siècle lui donner ses lettres de noblesse. Il faudra attendre les travaux d'Adolf SEILACHER pour que cette discipline méconnue devienne une science à part entière, aujourd'hui il est considéré comme le pionnier de la paléoichnologie après qu'il eut consacré 60 années de sa vie à la paléobiologie évolutive et écologique. C'est en 2007 que paraît l'ouvrage fondamental sur la paléoichnologie « Trace Fossil Analysis », apogée et résumé de ses travaux.

### Le champ d'activité de la paléoichnologie

Toute trace d'activité biologique fossilisée relève de cette science, que le milieu soit terrestre ou marin. Un moment ou un autre nous avons tous croisé le chemin de ces traces, consciemment ou non car les confusions avec certains « caprices géologiques » sont fréquentes. En l'absence de toute sensibilisation au phénomène, on peut passer à côté d'un ichnofossile sans avoir la moindre idée qu'il s'agit d'une trace de vie.

Il faut aussi savoir qu'à quelques exceptions près, il est très difficile de relier une trace à son auteur et le ratio identifié/non identifié est nettement en faveur de l'anonymat.

### Quelques définitions et précisions supplémentaires pour mieux s'y retrouver

En paléoichnologie on suit le principe binomial de la taxonomie linnéenne. Il n'y a pas de véritables classes, ordres, familles (on parle de parataxonomie), mais une classification qui recourt évidemment à d'autres critères que ceux de la phylogénèse.

On parle également d'**ichnofaciès** qui correspond à un assemblage distinctif d'ichnofossiles contrôlés en grande partie par la profondeur (les assemblages de traces fossiles peuvent être divisés selon le schéma paléoenvironnemental en un certain nombre d'ichnofacies nommés d'après une trace fossile caractéristique. Les ichnofacies indiquent un faciès sédimentaire particulier).

De la même manière on parle des genres de traces (**ichnogènes**) ou d'espèces (**ichnoespèces**).

L'**ichnotaxon**, lui, est défini par le code international de nomenclature zoologique (C.I.N.Z) comme un taxon basé sur le travail fossilisé d'un animal ou d'un organisme, y compris les pistes fossilisées, empreintes de pas et terriers (traces fossiles).

Il est intéressant de garder en mémoire qu'une même espèce peut générer des traces différentes selon le type de substrat ou le type d'activité mais également que plusieurs espèces peuvent produire la même trace !

### Avertissement

Afin de simplifier cet exposé la classification retenue est celle liée au comportement des espèces animales dans leur milieu naturel (**classification éthologique**).

Enfin vouloir exposer l'ensemble des ichnofossiles et leur rattachement à telle ou telle espèce ne peut relever d'un simple article, aussi, après avoir présenter les caractéristiques générales des traces, on s'attardera sur quelques exemples.

## I] Les principaux comportements composant la classification

SEILACHER en 1960 puis BENTON et HARPER en 1997 définirent 7 équivalents de classes principaux :

- Locomotion (Repichnia)
- Nutrition (Fodinichnia)
- Habitation (Domichnia)
- Repos (Cubichnia)
- Pacage (lieu de pâture) (Pascichnia)
- Cultures (de microbes) (Agrichnia)
- Migration et ou fuite (Fugichnia)

Cependant il faut avoir bien conscience qu'il existe une interaction possible entre ces différents comportements. Par exemple la locomotion peut avoir pour objectif la recherche de nourriture mais elle peut être aussi la conséquence d'une nécessité migratoire ou plus simplement la fuite devant un prédateur. Enfin seuls les six premiers comportements seront présentés dans cet article. En effet Fugichnia peut être assimilée à Repichnia.

### **1 – Repichnia (traces de locomotion)**

Elle a eu lieu aussi bien en milieu terrestre qu'aquatique.

Dans le domaine terrestre les principales traces de locomotion sont des **traces de pattes** (on parle alors d'**Ichnite** = empreinte de pied fossilisée) dont les auteurs sont pour une bonne partie des dinosaures ou des amphibiens.

Pour la joie des plus petits comme des plus grands ce sont les dinosaures qui se taillent la part du lion, il faut dire que leurs traces ne peuvent que difficilement passer inaperçues. Je conseille vivement à ceux qui s'intéressent au sujet de se rendre à la Plagne dans l'Ain qui présente la plus longue piste de dinosaure sauropode au monde (115 pas sur une distance de 150 mètres). Grâce aux traces on a pu déterminer le poids (40 tonnes) et la taille du sauropode (30 mètres de long) baptisé Odysseus et vieux de 150 Ma.



Alignement de pas à la Plagne (photo S. VIGARIÉ à gauche) et les spécialistes sur le terrain : de gauche à droite : Marie-Hélène MARCAUD et Patrice LANDRY, les découvreurs des empreintes, Pierre HANTZPERGUE (Université Lyon 1) et Jean-Michel MAZIN (CNRS lyon) (© CNRS Photothèque/Hubert RAGUET)

Un petit détour par le Veillon en Vendée (empreintes de grallator, ce terme étant un exemple de ce que l'on appelle un ichnotaxon), à Coisia dans le Jura (empreintes de sauropode), Saint-Laurent-de-Trèves en Lozère (empreintes d'un théropode jurassique), etc.

Les sites français sont peu nombreux en rapport avec ceux du monde entier (USA, Chine, Turquie, Amérique du sud...). Ainsi *Iguanodons*, *Stégosaures* et autres *Titanosaures* ont laissé leurs empreintes sur tout le globe. La majeure partie de ces traces correspond à des empreintes de locomotion.

Ces types de traces permettent de différencier les formes bipèdes des formes quadrupèdes mais également de différencier les ornithopodes (*Hadrosaure*, *Iguanodon*, *Parasaurolophus*, *Edmontosaure* ou *Rhabdodon*), les cératopsidés (*Triceratops*), les stégosauridés (*Stégosaure*), les sauropodes (*Brachiosaure*, *Diplodocus*, *Titanosaure*) et les théropodes (*Allosaurus*, *Gigantosaurus*, *Spinosaurus*, *Tyrannosaurus*).



Empreintes positive de pattes d'*Iguanodon* (Sud du Royaume-Uni) et négative de *Stégosaure* (US – Colorado)



Empreintes de pattes négative de *Brachiosaure* (US – Wyoming) et positive de *Tyrannosaure* (Nouveau Mexique)

Les motivations de la locomotion terrestre sont variées. Cela va du simple déplacement à la recherche de nourriture végétale (traces ordonnées et régulières des sauropodes à la recherche d'une zone de pâture = empreintes de la Plagne) ou animale (traces désordonnées, irrégulières et parallèles à celles de la proie des théropodes = empreinte de Glen Rose au Texas).



Piste de recherche de nourriture (Sauropodes de la Plagne) et traces de traque de proie (Théropode de Glen Rose)

Dans l'élément liquide tout devient complexe car une multitude d'organismes différents ont laissé des traces, parfois énigmatiques, sur les substrats dans lesquels ils ont évolué.

Généralement on considère que Repichnia est un type de locomotion lié à la recherche de nourriture ou à la fuite. Des animaux marins vagiles (animaux errants ne pouvant nager) en seraient les auteurs. Ces pistes locomotrices se traduisent par des sillons tantôt rectilignes tantôt sinueux. « La plupart des très rares traces pouvant être attribuées de manière vérifiable à un organisme spécifique appartiennent à cette catégorie » (traduit de Wikipedia – Trace fossil classification)

Les principales traces repichnia sont de type Cruziana, Diplichnites, Scolicia et Aulichnites.

**Cruziana** : Il s'agit d'une trace bilobée à sillon central recouverte de rayures. Il est possible que l'auteur en soit le trilobite



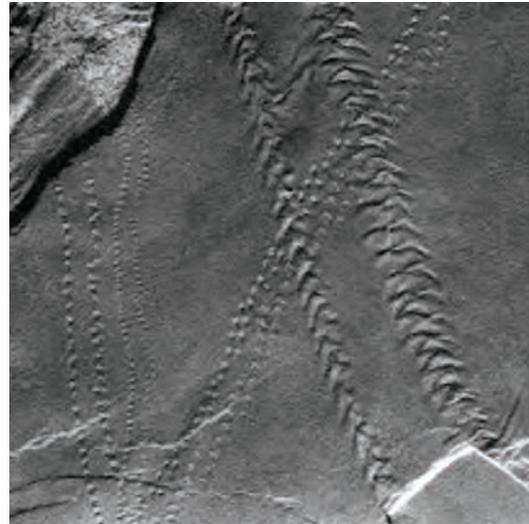
Deux aperçus de Cruziana

Cependant des traces similaires ont été découvertes dans des strates du Trias alors que le trilobite a disparu à la fin du Permien et également dans des formation non marines. La seule certitude (à l'instant T) est qu'il s'agit d'une trace d'arthropode.

Ces traces varient de 15 mm à 15 cm avec une extrémité généralement plus large et profonde que l'autre.

## Diplichnites

Ces traces seraient liées à la partie la plus active de la locomotion d'arthropodes tels les trilobites. Tandis que Cruziana traduit un stade rampant de recherche de nourriture, Diplichnites suggère un déplacement rapide où les pattes jouent un rôle essentiel.



Deux traces susceptibles d'appartenir au type Diplichnites

On peut voir deux rangées parallèles de pistes émoussées à allongées, étroitement espacées, orientées à peu près perpendiculairement à la ligne médiane de la piste.

## Scolicia

« Les traces de Scolicia apparaissent sous forme de traînées horizontales, à symétrie bilatérale, sinueuses, de forme variable, ressemblant à des crêtes ou à des rubans, larges de 1 à 5 centimètres. La piste est constituée de deux bandes parallèles de largeur identique, avec des nervures transversales variables et un canal central » (KU Ichnology - Studying the Traces of Life).

Le responsable ne serait autre qu'un oursin appartenant à l'ordre des Spatangoida qui regroupe plusieurs familles d'oursins dits « irréguliers », appartenant à l'embranchement des échinodermes. Il serait apparu au Crétacé inférieur (Valanginien ?) et c'est l'ordre le plus diversifié de la classe des oursins.



Deux traces de type Scolicia de l'Oligocène espagnol



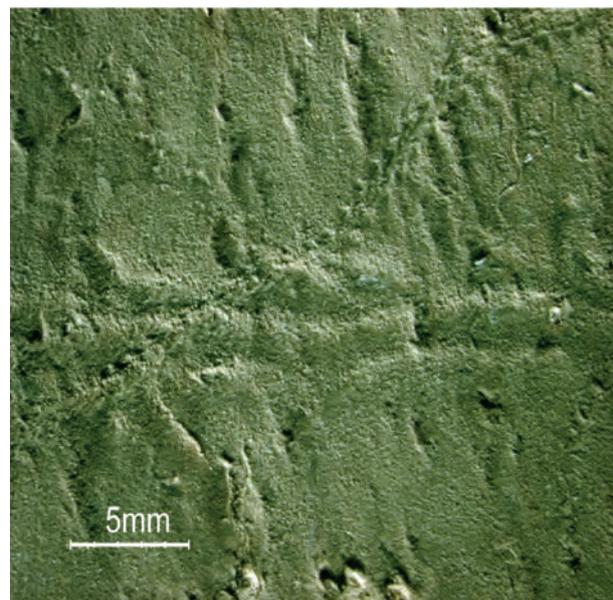
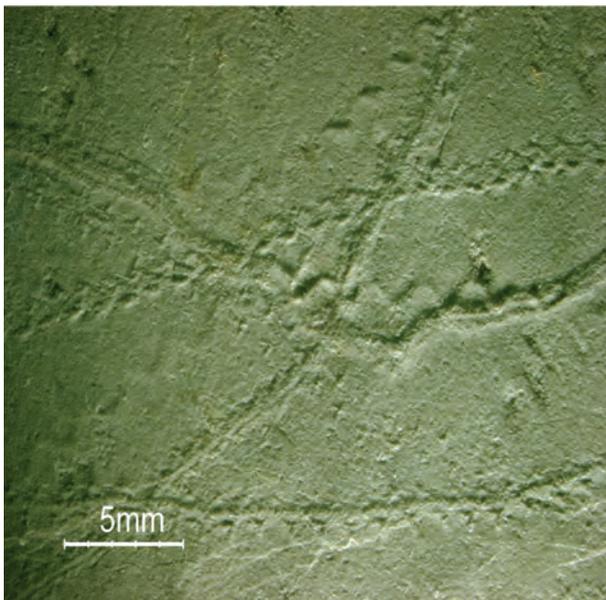
Trace de Scolicia du col d'Allos (S. Vigarié) et Spatangue pourpre, un échinoderme actuel très présent sur les côtes françaises (fr.wikipedia.com)

Cet animal vit généralement dans un terrier aux parois renforcées par du mucus, et les traces relevées seraient des traces locomotrices de fuite face à un prédateur. Les déplacements sont limités à quelques mètres tout au plus avant un nouvel enfouissement de l'animal. Les traces actuelles permettant d'identifier les traces fossiles.

### Aulichnites

Les traces ont une largeur de 5 à 8 mm et sont fortement incurvées. Les deux arêtes convexes sont lisses et séparées par un sillon médian assez profond. Les surfaces des crêtes sont aplaties. La sinuosité, la forme, la taille et les traînées ont été interprétées comme une locomotion rampante probablement de gastéropodes.

La trace de fossile est plus large que la coquille de son auteur, ce qui correspond aux observations d'organismes existants. « Une telle configuration est compatible avec l'élargissement du pied pendant la locomotion, ainsi qu'avec l'effet présumé de cette technique d'enfouissement sur le substrat (c'est-à-dire le relâchement et l'augmentation du volume) » (A Carboniferous chiton [Mollusca, Polyplacophora] at the end of its trail: a unique find from the Czech Republic - Radek MIKULÁŠ, Andrew K. RINDSBERG, Ana SANTOS & Martin PAVEL)



Deux traces de type Aulichnites

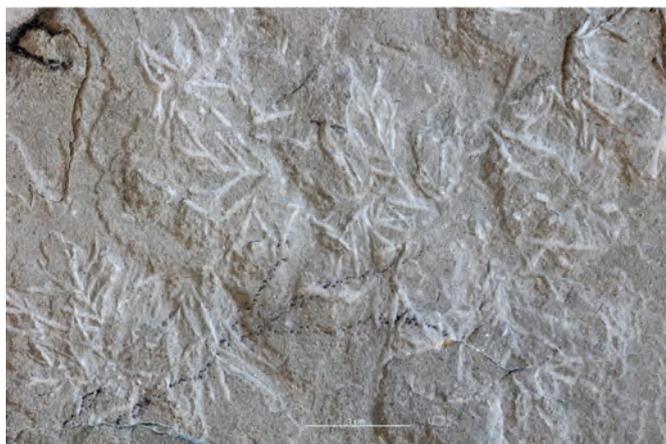
(© 2014 IBGS Research Group, Stephen HASIOTIS. Current website developer: Joshua HOGUE)

## 2 – Fodinichnia (traces de nutrition)

Les traces de ce type correspondent à de la recherche de nourriture. Elles sont plus spécifiques dans le domaine aquatique car dans le domaine terrestre elles ne peuvent être différenciées de la locomotion. Les principales traces Fodinichnia sont Chondrites, Phycodes, Thalassinoides et Rhizocorallium

### Chondrites

« Chondrites est un terrier branchu, vertical à horizontal, dendritique. On peut l’imaginer comme un arbre renversé, le tronc communiquant avec l’interface eau-sédiment et les branches se subdivisant en s’enfonçant. C’est un terrier de nutrition qu’on associe à des substrats mal oxygénés, en prélude à l’anoxie (l’anoxie désigne le manque de dioxygène  $O_2$  d’un milieu. Lorsque l’environnement est dit anoxique, c’est que la réduction d’oxygène est telle qu’il y a asphyxie). On l’attribue généralement à un ver qui se déplace en avant et en arrière, chaque branche étant une nouvelle zone d’exploration » (Word press). L’auteur des traces devait excaver les sédiments à la recherche de nourriture. La forme des traces permet de penser que l’organisme utilisait une stratégie d’alimentation systématique mise en évidence par l’absence d’interpénétration des structures, ce qui implique que l’organisme évitait de passer plus d’une fois dans la même zone (recherche optimisée). Ce type de comportement d’évitement est appelé phobotaxis (crainte du toucher en grec).



Dessin du système chondritique (Wikipedia) et vue réelle (Fossilid.info)

### Phycodes

Les traces de type Phycodes se présentent sous la forme de terriers empilés horizontalement. Globalement, le motif est réniforme, fasciculé, flabellé, ressemblant à un balai, ongulé, linéaire ou circulaire. La plupart des formes consistent en une ou plusieurs branches principales qui donnent naissance à de nombreuses branches libres. Dans d'autres formes, les ramifications ont tendance à être secondaires ou plus aléatoires (d'après HAN et PICKERILL, 1994, basé sur OSGOOD, 1970, et FILLION et PICKERILL, 1990). Phycodes est considéré comme une structure d'alimentation produite par des organismes inconnus. Au Paléozoïque, on le connaît surtout dans les sédiments peu profonds contrairement aux Chondrites.



Deux exemples de traces de type Phycodes (Fossilid.info et Fossil Forum – Ludwigia)

### Thalassinoïdes

Cet ichnofaciès est associé à des dépôts peu profonds côtoyant une abondante macrofaune.

Comme pour chondrites, il s'agit d'un terrier branchu (à forme variable en T ou en Y). Les branches sont disposées en réseau horizontal avec des élargissements à leur jonction (il fallait bien pouvoir faire demi-tour !).

Si ces terriers sont principalement des zones de nutrition, il n'est pas exclu qu'ils aient été également utilisés comme zones d'habitation.

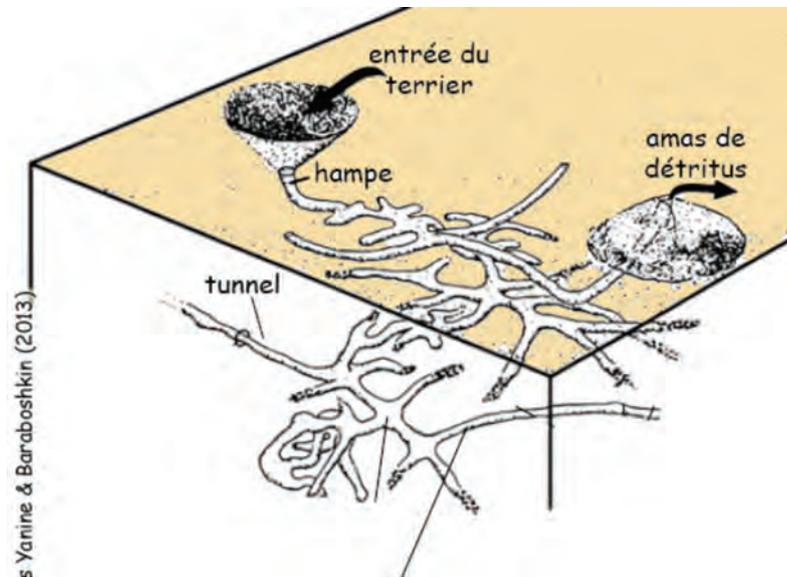


Schéma de traces type Thalassinoïdes (© 2013 D'après YANIN et BARABOSHKINE / Falaise de craie, modifié) et affleurements à Boulogne sur Mer (Pointe aux Oies) (© 2015 Pierre THOMAS)

En référence et par analogie avec les formes actuelles de Thalassinoïdes, on pourrait envisager que l'auteur en soit un crustacé décapode. Ce type de trace est abondant à la carrière de Belmont aux sommets du Toarcien moyen et supérieur (cf Louis RULLEAU)



*Mecochirus rapax* : un exemple de crustacé du Crétacé (A) responsable du creusement de terriers de type Thalassinoïdes (B) comparables à ceux des Calcaires à astartes (in CARVALHO *et al.*, 2007) et terrier actuel de type Thalassinoïdes d'un crabe de la mangrove de Mayotte (© 2008 François FROMARD)



Trace de type Thalassinoïdes de Belmont (photo L. RULLEAU)

### Rhizocorallium

Il s'agit d'une des plus anciennes traces fossiles connues. Elle se présente sous la forme de tubes en forme de U d'environ 1 cm d'épaisseur avec *spreite* (signifiant limbe en allemand, c'est une structure empilée, incurvée et stratifiée caractéristique de certaines traces de fossiles) sinueux, bifurquant et planispiralé.

Répandues dans le monde entier et à toutes les périodes, on trouve ces traces tantôt en milieu peu profond, tantôt en milieu profond.

L'auteur des traces est incertain, on avance l'hypothèse qu'il puisse s'agir d'un crustacé ou d'un annélide de la classe des polychètes (du Cambrien à nos jours)

Plusieurs études ont démontré l'intérêt de *Rhizocorallium* pour interpréter les surfaces séquentielles stratigraphiques, les directions actuelles et les fluctuations de la salinité et de l'oxygène.



Traces de type Rhizocorallium détail et vue d'ensemble  
(Wikipedia et Earth-Science Reviews Volume 126, November 2013, Pages 1-47)

### 3 – Domichnia (traces d'habitation)

Ces traces correspondent à des lieux d'habitation. Comme nous l'avons vu précédemment certains organismes ont joint l'utile à l'agréable en combinant zone de chasse et de résidence (les Thalassinoïdes). Elles se présentent généralement sous la forme de tubes cylindriques droits ou en U mais aussi en ramifications plus ou moins complexes. Les parois du « logement » peuvent être cimentées voir doublées. Les principales traces relevant de ce type sont Ophiomorpha, Skolithos, Arenicolites et Planolites

#### Ophiomorpha

Ophiomorpha se présente sous la forme de terriers cylindriques verticaux et horizontaux. Les tunnels débouchent près des points de ramification ou aux points de ramification en s'élargissant. Les parois intérieures sont lisses. Les parois extérieures du terrier sont garnies de boulettes ovoïdes correspondant à des granules fécaux.

On trouve ce type de Domichnia du Permien à nos jours en zone littorale ou néritique (du niveau de la marée basse jusqu'au bord du plateau continental, avec des eaux de faible profondeur, jusqu'à 200 m). Une fois de plus le doute plane sur le responsable de ces traces. L'option annélide semble avoir été écartée au profit d'une espèce de crevette par analogie avec *Callianassa*, une crevette fouisseuse atteignant 4 cm de long. Le corps est allongé avec une petite carapace et un rostre court. L'espèce crée des systèmes complexes de terriers dans les sédiments sableux de la basse côte au sublittoral peu profond. Les terriers, qui ont été enregistrés jusqu'à 81 cm de profondeur, consistent en un réseau de tunnels à plusieurs branches raccordés à plusieurs puits d'inhalation, chacun se terminant par une ouverture en forme d'entonnoir à la surface. (The Marine Biological Association).

*Axius*, un crustacé décapode serait également un candidat possible.



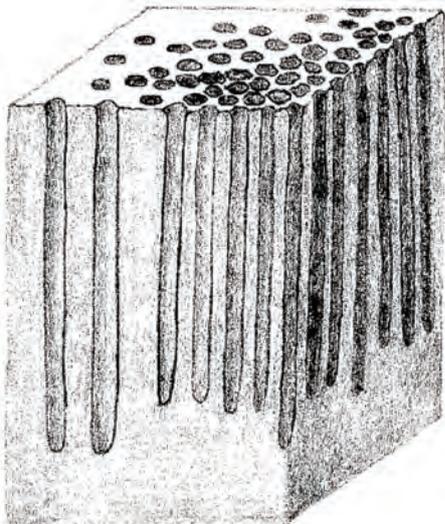
Terrier de type Ophiomorpha (KU Ichnology Studying the Traces of Life) et crevette *Callianassa* actuelle (Wikipedia – Revolvy)

## Skolithos

Skolithos est une variante de terrier fossile constitué de tubes simples, verticaux, parallèles, parfois légèrement inclinés (en forme de J), à parois lisses. Il n'y a ni croisement ni ramification. Les tubes peuvent atteindre 35 cm de long pour 5 cm de diamètre. On trouve généralement la trace dans des roches représentant des faciès marins peu profonds.

Skolithos est présent du Permien à nos jours.

L'auteur en est, vraisemblablement, un annélide, mais lequel ? Peut-être un ver polychète. Il a été également proposé un phoronidé dont « les individus adultes s'ancrent dans les sédiments, dans les roches ou les coraux, et construisent un tube de chitine pour protéger leur corps mou, tandis que leurs têtes sont couronnées de tentacules qui ondulent dans le courant, dans le but de filtrer de petites particules d'aliments dans l'eau pour se nourrir. Ces animaux ne vivent pas dans des eaux très profondes : leur habitat va de la zone intertidale (également connue sous le nom d'estran ou encore de "zone de marnage", c'est la partie du littoral située entre les limites extrêmes des plus hautes et des plus basses marées) jusqu'au sommet de la zone mésopélagique (ou zone aphotique), soit à une profondeur d'environ 400 mètres (la limite de profondeur à partir de laquelle la photosynthèse n'est plus possible) » (Article de Trust my Science).



Skolithos schéma (Michael SCHLIRF) et photo du terrier *in situ* (San Joaquin valley Geology)

## Arenicolites

Ce sont des terriers en forme de U, verticaux à légèrement obliques, constitué de tubes cylindriques à paroi lisse. Les ouvertures peuvent être évasées ou en forme d'entonnoir.

Leur apparition daterait de la charnière Pré-Cambrien/Cambrien (faune Édiacarienne d'Australie).

Une fois de plus, se sont les annélides qui sont pointés du doigt et particulièrement un ver polychète (encore lui).

Par analogie on peut rapprocher l'auteur anonyme d'un ver contemporain bien connu des pêcheurs en mer : l'*Arenicola marina* qui loge entre 10 et 20, voire 40 cm de profondeur dans le sédiment sableux ou sablo-vaseux. Le ver aménage un système en forme de U, constitué de deux parties. C'est un tube, approximativement en forme de L ou de J (selon la manière dont on le regarde) qui occupe la branche horizontale et une branche verticale du U. Curieuse coïncidence avec notre inconnu du Cambrien !



Arenicolite du cambrien (Francisco CUEN\*) et dessin de l'habitat du ver *Arenicola marina* (fine Art mine. Image ©)  
 \*Icnofósiles del Cámbrico Inferior de San José de Gracia, Sonora

### Planolites

Traces remplies simples, non doublées, cylindriques ou sous-cylindriques non ramifiées, droites à légèrement incurvées, horizontales à obliques. Les traces, généralement petites, de 1 à 5 mm, peuvent se croiser. La lithologie de remplissage diffère de celle de la roche hôte.

Fréquente dans les eaux peu profondes, il n'est pas exclu que ces traces correspondent également à des zones d'alimentation.

L'auteur en serait selon toute vraisemblance un ver.



Trace de type Planolites (Fossilid.info)

### **4 – Cubichnia (traces de repos)**

Les traces qui relèvent de ce type marquent les lieux de repos de divers organismes. Le mot « repos » se doit d'être commenté car nous l'associons généralement à l'action de « souffler un peu » après un effort

quel qu'il soit. Or les traces correspondant à cette non-action peuvent signifier autre chose. Une proie peut s'immobiliser pour ne pas attirer l'attention d'un prédateur et à l'inverse un prédateur s'immobilise pour se mettre en embuscade. Un animal peut aussi être immobile quand il filtre du sédiment et il peut aussi, c'est vrai, reprendre son souffle après un événement de fuite. Repos ne signifie pas toujours dodo (les terriers sont là pour ça).

Les principales traces appartenant à Cubichnia sont Asteriacites et Rusophycus.

### Asteriacites

Ces traces apparaissent à l'Ordovicien et deviennent particulièrement abondantes au trias et au Jurassique. La trace est pentaradiée et ne laisse que peu de doute quant à son auteur, généralement un ophiuroïde.

« La classe **Ophiuroidea** regroupe toutes les **ophiures**, des échinodermes marins avec un aspect astéroïde et une symétrie pentaradiée avec cinq bras qui se prolongent à partir d'un disque central. Ces invertébrés de mer sont parfois confondus avec une étoile de mer, mais les bras sont indépendants du corps discoïdal » (aquaportail).



*Asteriacites lumbricalis* du Jurassique (Naturkundemuseum Berlin - Germany) et Ophiure actuelle (*l'Univers des animaux marins*)

### Rusophycus

Les spécialistes associent souvent cette trace à celle de type Cruziana. L'ichnogenre Rusophycus se présente sous forme de traces bilobées courtes et profondes, larges de 5 à 15 cm qui correspondent à l'empreinte du corps immobile de son auteur.

On pense qu'il s'agit de traces de trilobites au repos de même que Cruziana étaient celles du même animal en quête de nourriture. Diplichnites (voir précédemment) étant la trace de locomotion active de ce même trilobite.



Rusophycus de l'Ordovicien (CMC IP 61254, Cincinnati Museum of Natural History & Science invertebrate paleontology collection, Cincinnati Museum Center, Cincinnati, Ohio, USA)

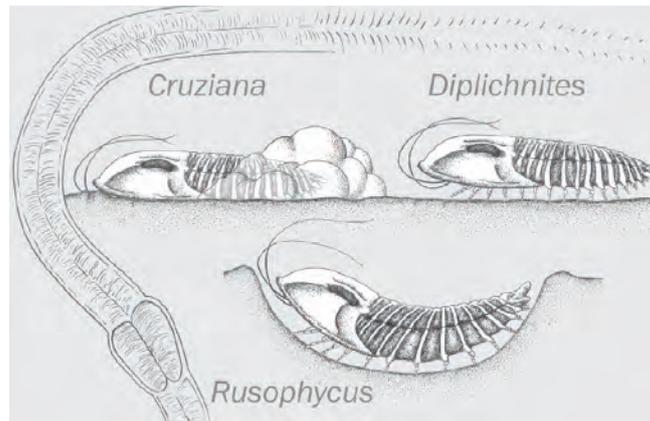


Schéma représentant les trois types de traces potentiellement laissées par un trilobite en fonction de son comportement (*Falconaumanni*)

## 5 – Pascichnia (trace de pâture)

Ces traces représentent l'exploitation des sédiments par un animal pendant la phase de nutrition, elles sont donc différentes de Fodinichnia qui, elles, correspondent à la recherche de nourriture. Subtil distinguo ! Quatre traces principales de ce type : Helminthoida, Helminthopsis, Nereites et Zoophycos.

### Helminthoida

Ces traces énigmatiques sont abondantes notamment dans les Alpes. Ce sont des traces serpentiformes, il s'agit en fait de l'empreinte du déplacement, sur la vase du fond marin de l'époque d'animaux inconnus qui, sans doute, « broutaient » systématiquement la surface de cette vase en décrivant leurs sillons à la façon d'un agriculteur qui laboure son champ mais qui ne saurait pas suivre une ligne droite (par Trichard dans H - Lithologie).

Ces traces peuvent couvrir des surfaces tellement importantes qu'elles ont données leur nom au flysch créacé des Alpes occidentales françaises. Le flysch étant un dépôt sédimentaire détritique constitué principalement par une alternance de grès et de marnes, qui se sont accumulés dans un bassin océanique en cours de fermeture, dans le cadre d'une orogénèse.

L'auteur en est toujours incertain bien que la tendance actuelle soit en faveur d'un gastéropode mais les partisans d'un annélide ne désarment pas pour autant.

Si l'on observe attentivement les traces laissées dans une zone de pacage par la Littorine, escargot prosobranch de type bigorneau, on croit avoir trouvé le responsable, seul *hic*, la dite littorine broute le sable à marée basse alors que le contexte de flysch s'est développé à de grandes profondeurs, de plus les traces sont plus larges, bilobées et plutôt linéaires comme celles de tout gastéropode qui se respecte. L'auteur reste donc, pour l'instant, dans l'anonymat.



2 plaques de flysch à Helminthoïdes du Crétacé (Museum de Grenoble et Matthieu BONNET)

## Helminthopsis

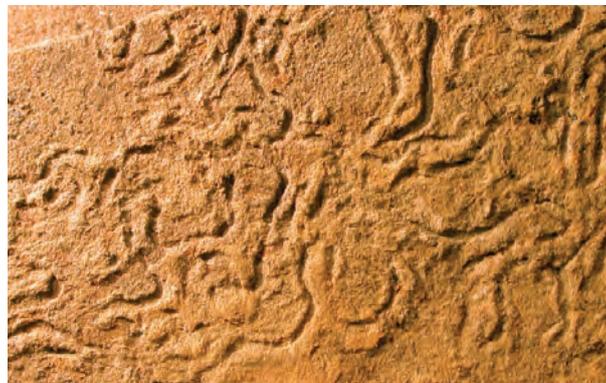
Ce sont des traces courtes, curvilignes et non ramifiées, à côtés parallèles et non bilobées. Ces traces ne se touchent pas et ne se recoupent pas.

L'auteur de ces traces pourrait être un ver polychète ou un Priapulides, embranchement de vers marins possédant une trompe et apparus au cambrien moyen, avec une vaste extension actuelle.

Dans un cas comme dans l'autre les traces n'offrent pas une similitude suffisante avec celle d'*Helminthopsis* pour que l'identification soit valide.



Vue générale d'une plaque à *Helminthopsis* et détail (S. VIGARIÉ)



Traces de type *Helminthopsis* du Carbonifère de l'Ohio ([www.dailymail.co.uk](http://www.dailymail.co.uk))

## Nereites

Présentes dans les faciès peu profonds du paléozoïque, ces traces sont caractérisées par un grand nombre de pistes enchevêtrées et serrées qui tendent à l'enroulement. Généralement elles sont horizontales, le tunnel central étant parfois plus épais. Elles présentent un sillon central flanqué des deux côtés par des lobes ovales ou circulaires. Les méandres peuvent varier en largeur, en forme et en taille.

*Quid* de l'auteur ? En fait faute de trouver un responsable unique, plusieurs types de nereites ont été évoqués en fonction des différences (parfois subtiles) de formes et donc plusieurs auteurs sont possibles. Un annélide, un gastéropode ou un arthropode. On n'en sait pas plus.



Deux traces différentes de Néréites (Photos : Florencio ACEÑOLAZA et Wikipedia)



Une néréide : candidat possible par « actualisme », tout au moins son ancêtre (Photo Vikidia)

## Zoophycos

Sans doute la plus énigmatique et la plus extraordinaire trace de vie. Extraordinaire par son évolution du cambrien jusqu'à l'holocène où elle a pris différentes formes et occupé différentes profondeurs au fil du temps et des épisodes de sédimentation. Énigmatique par sa structure hélicoïdale complexe.

D. OLIVERO, spécialiste de l'ichnologie a consacré sa thèse et d'importants travaux à ces traces que l'on appelait autrefois *Cancellophycus* (« *La trace fossile Zoophycos dans le Jurassique du Sud-Est de la France. Signification paléoenvironnementale* » - Doc. Lab. Géol. Lyon, n° 129 – 1994). Il a mis en évidence que zoophycos était constitué « d'une lame spiralée creusée, à partir d'une certaine profondeur, en montant vers la surface ».

« La conservation de l'architecture complexe du terrier nécessite un substrat déjà cohérent, mais non encore lithifié, donc intermédiaire entre les types "softground" et "firmground". Dans les milieux analysés, un tel substrat se forme dans des conditions de ralentissements ou d'arrêts de sédimentation » (D. OLIVERO).

J'ai souvent rencontré de telles traces qui pullulent au Bathonien inférieur et j'ai même pu avoir la chance de trouver un spécimen 3D dans le Valanginien de la Drôme.

On peut imaginer la structure de Zoophycos à partir d'un terrier en U dans un plan vertical (type *Rhizocoralium*). Entre les deux branches verticales se situe une lame (= *Spreite*) avec les traces en

ménisque successives du creusement (= trace du *backfill* ou remplissage arrière). Une autre stratégie que le creusement dans un plan vertical peut être adoptée par l'animal, c'est celle du *Zoophycos*. Les *Spreiten* successifs se décalent latéralement d'un certain angle. Leur enveloppe décrit une surface d'enroulement autour d'un axe avec un angle de plongement variable. L'animal peut ainsi explorer un volume plus compact. Le bord externe du *Spreite* peut prendre une forme hélicoïdale si le décalage angulaire s'opère dans le même sens.

C'est un terrier de pâture systématique, l'animal teste le sédiment par un balayage en U qu'il répète en tournant dans un sens ou dans un autre. En coupe verticale, on reconnaît généralement *Zoophycos* à la hampe axiale verticale (si la coupe la traverse) et aux sections sub-horizontales des *Spreiten* qui forment des filets plus gris (LÖWEMARK *et al.* – 2004 repris par le site « Falaises de craie »).

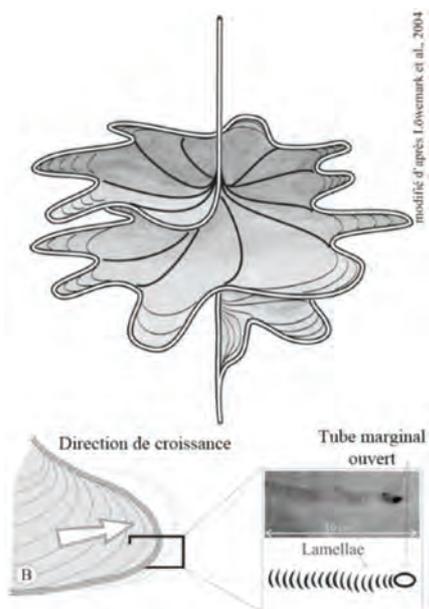


Schéma classique de l'architecture de *zoophycos* (modifié d'après LÖWEMARK *et al*) et photo d'un *zoophycos* du Bathonien inférieur varois (S. VIGARIÉ)



Trace *zoophycos* 3D du valanginien drômois (Photo S. VIGARIÉ) et *zoophycos* in Mahantango Formation, Fort Valley (Photo Callan Bentley)

Quant à l'auteur de ce chef d'œuvre architectural, D. OLIVERO avance l'hypothèse d'un ver limivore (qui se nourrit des matières organiques présentes dans la vase) comme c'est le cas des nombreux vers marins qui provoquent des bioturbations.

## 6 – Agrichnia (culture)

Les traces de type Agrichnia correspondraient à des zones de pièges et ou d'élevage. Ces deux modes alimentaires induisent des comportements différents mais parfois complémentaires. En effet la proie piégée peut : soit ingérée sur place, soit servir de garde-manger. L'assemblage durable est donc utilisé pour capturer, cultiver ou utiliser des organismes contre les agents pathogènes comme source de nourriture pour la chimiosymbiose.

Les principales traces qui appartiennent à ce type sont Spirorhapse et Paleodictyon.

### Spirorhapse

La trace se présente sous la forme de minces sentiers spiralés dans les deux sens et se retournant au centre, remontant entre les enroulements primaires qui sont éventuellement à plusieurs étages (SEILACHER 1977). Plusieurs traces complètes (en forme de cibles) peuvent être réalisées et atteindre 2,5 cm de diamètre.

Cette trace serait celle d'un «garde-manger» dans lequel seraient stockés les nutriments et les bactéries. Le responsable en serait un ver polychète (toujours lui !) (HERNANDEZ 2009).



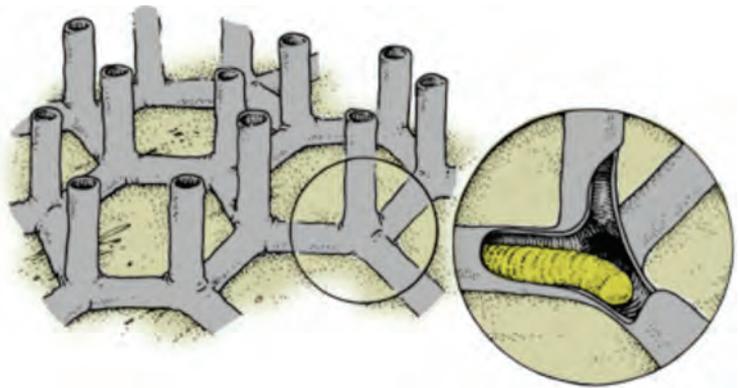
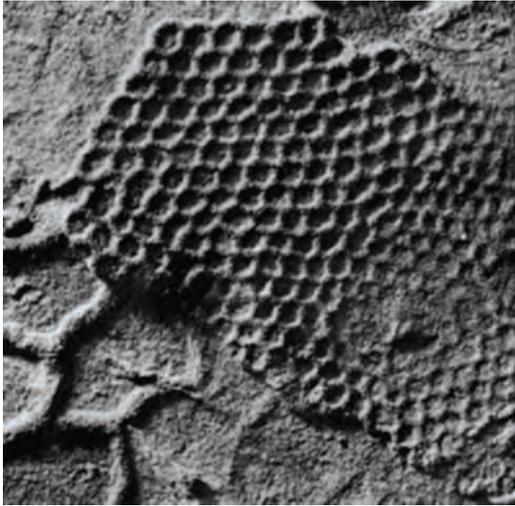
Deux exemples types de Spirorhapse (Earth-Science Reviews – 2016 et Tawan e-Learning and Digital Archives Program)

### Paléodictyons

Ces traces sont constituées de minces tunnels ou de crêtes qui forment généralement un réseau de type nid d'abeille de forme hexagonale ou polygonale. Les mailles irrégulières et régulières sont connus dans toute la gamme stratigraphique de Paleodictyon, « mais ce sont les motifs saisissants en nid d'abeille réguliers de certaines formes telles que *P. carpathicum* et *P. nodosum* qui le rendent remarquable et largement étudié... » (KU Ichnologie - Étude des traces de la vie Groupe de recherche IBGS).

« Les éléments de maille individuels peuvent mesurer des millimètres à des centimètres, généralement de 1 à 1,5 cm, et des motifs de maille complets peuvent couvrir des surfaces allant jusqu'à un mètre carré. Les arêtes ou les fils qui composent le maillage ont généralement une section transversale cylindrique ou ellipsoïdale, et certaines formes ont des tubes verticaux reliant le maillage vers le haut à l'interface sédiments-eau. Adolf SEILACHER a proposé en 1977 que ce soit un piège à nourriture, un mécanisme pour l'agriculture ou une voie de recherche de nourriture » (KU Ichnologie - Étude des traces de la vie Groupe de recherche IBGS).

Selon Pierre HANTZPERGUE et Patrick BRANGER (URA 11-laboratoire de Géologie stratigraphique et structurale, Université de Poitiers) ce type de structure plus ou moins élaborée serait dû à l'activité d'un « Arthropode endobionte » (qualifie un parasite ou un symbionte qui vit à l'intérieur d'un hôte de type substrat). Pour l'instant on n'en sait pas plus.



Structure en « nid d'abeille » de Paléodyctyon (Tony J. PRESCOTT) et schéma en 3D (Musée virtuel Canada)

## II] Certaines traces particulières

Ces traces correspondent soit à de la nidification soit à des déjections. Dans le premier cas on peut rapprocher la trace de Domichnia/Cubichnia et dans le second d'une conséquence logique de Fodinichnia.

### **1 – Traces de nidification**

#### Les nids de Dinosaures

Comme pour les traces de locomotion, les traces de nidification les plus évidentes sont celles laissées par des reptiles. Les aires fossiles de ponte des dinosaures sont connues de tous et font régulièrement l'objet d'expositions permanentes (comme au musée d'Aix-en-Provence) ou temporaires (comme au musée des Confluences en 2015).

À ce sujet il persiste une certaine ambiguïté, celle qui concerne les œufs, en effet un œuf fossilisé non éclos est-il un fossile à part entière ou un ichnofossile ? Tandis que les restes de coquilles d'œufs éclos correspondent bien à la définition d'une trace du vivant.

Il n'existe pas d'inventaire à proprement parler des différents types de nids de dinosaures mais il n'est pas interdit de penser qu'il existait plusieurs formes de nidification, un peu comme chez les oiseaux. Deux exemples accèdent cette hypothèse, ceux de *Maiasaura* et de *Troödon* dont les nids ont été retrouvés dans le Montana aux États-Unis.

*Maiasaura* (littéralement « lézard bonne mère »), était un herbivore bipède de la famille des hadrosauridae, communément appelé « Dinosaur à bec de canard » qui vivait au Crétacé supérieur (Campanien). Son nid se présente sous la forme d'un monticule pouvant atteindre plus de 2 m de long, « Les œufs étaient déposés dans un creux au sommet du monticule, délimité par des plantes », le rôle de ces plantes étant vraisemblablement de protéger et de maintenir les œufs au chaud (environ 25 œufs par nid). La construction du nid se faisait à base de couches de boue et de végétaux empilées les unes sur les autres comme on peut le voir aujourd'hui chez certains oiseaux et crocodiles.

*Troödon* (littéralement « dent blessante ») était un théropode apparenté aux Dromaeosauridés (tel *Velociraptor*). Contrairement à *Maiasaura*, son nid était on ne peut plus simple, ce dinosaure se contentant de creuser un trou dans le sol sans aucune intention de protection ou de conservation de la chaleur.



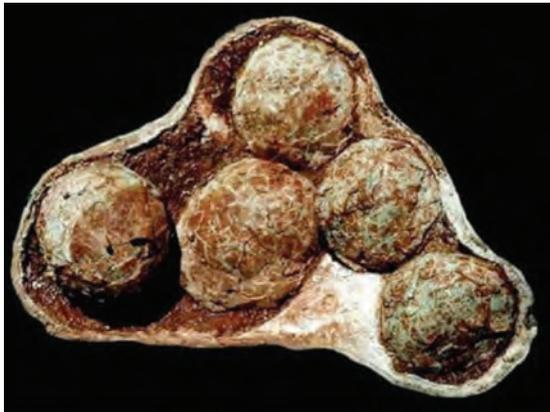
Reconstitution d'un nid de *Maiasaura* (Strip science) et représentation d'un site de ponte à « Egg mountain » dans le Montana (National Park Service)



Réplique d'un nid de *Troödon formosus* - Egg Mountain, Montana (Les dinosaures.fr)



Un nid d'œufs fossiles du dinosaure *Massospondylus* et réplique d'un nid d'*Oviraptor* (Jurassic World.com)



Nid de Sauropode trouvé à Cruzy dans l'Hérault (Jurassic World.com) et de *Protoceratops* de Rennes le Château dans l'Aude (Samnel.museum)

## Les œufs de Dinosaures

Les œufs des dinosaures avaient des formes et des tailles aussi variées que leurs auteurs, on en a retrouvé des circulaires, des oblongs, des elliptiques voir des ovoïdes (ce qui, dans ce cas, les rapproche singulièrement de ceux des oiseaux).

De nombreux sites français ont permis la mise au jour d'une grande quantité d'œufs de différentes espèces. Le plus célèbre de ces sites est celui de la Sainte-Victoire près d'Aix-en-Provence (Roques-Hautes) avec pas moins de 15 gisements de pontes qui ont offert aux paléontologues 280 œufs de *Titanosaurus*, *Rhabdodon*, *Arcovenators* et *Variraptors* entre autres, ce qui a permis à Thierry Tortosa (Conservateur de la réserve naturelle de la Sainte-Victoire) de dire que la Sainte-Victoire était « Une maternité à ciel ouvert ».

À part ces lieux de prédilection, il arrive de rencontrer, au cours de nos promenades provençales, d'anciennes zones de pontes trahies par la présence d'une multitude de fragments de coquilles dont les plus gros ne dépassent que rarement le centimètre ce qui rend leur découverte très improbable.



Fragments d'œufs *in situ* (Musée de Mèze) et œufs du gisement de la Sainte-Victoire (Photo Adrien MAX / 20 Minutes)



Vue grossie de fragments d'œufs (Musée de Mèze)

## D'autres exemples de nids

Il est particulièrement difficile de trouver des informations sur les nids fossiles d'autres espèces que les Dinosaures tant la conservation des traces reste aléatoire et l'intérêt secondaire. Pourtant quelques exemples existent comme ce nid de termites entre 25 et 30 millions d'années trouvé en Afrique et qui bien entendu servait à la reproduction mais également à la culture des champignons pour rendre la matière végétale plus facilement digestible ! Des nids de termites ont été également retrouvés dans le Trias (-275 millions d'années).

À Corralejo (petite ville des Canaries) ont été découverts des nids fossilisés de guêpes (du genre *Anthophora*) qui mesurent jusqu'à 3 cm de hauteur, simples ou en groupes et présentant une forme arrondie ressemblant à un dé à coudre. Ceux-ci remontent au Quaternaire mais des plus anciens ont été découverts au Crétacé.



Un nid de termites vieux de 25 millions d'années avec les restes d'un « jardin de champignons » préservé à l'intérieur (Humanité et Biodiversité) et des nids fossilisés d'*Anthophora* du Pleistocène des Canaries

On a également mis au jour des nids fossiles de tortues du Crétacé à Fox Hills Sandstone près de Limon dans le Colorado.

## 2 – Les coprolithes

Le mot coprolithe (du grec κόπρος / kópros, excrément et λίθος / lithos, pierre) est utilisé pour décrire les restes fossilisés d'excréments.

Toutes les familles d'animaux sont concernées car il s'agit bien entendu d'une « obligation naturelle » issue de l'ingestion de nourriture, aucun n'y échappe, du plus gros dinosaure au plus petit ver de sable. On a retrouvé des coprolithes dans le monde entier, correspondant à toutes les ères géologiques. C'est en 1829 qu'ils sont reconnus pour la première fois comme des restes d'excréments par William BUCKLAND. Comme pour les traces fossiles dans leur ensemble, il est souvent difficile, voire impossible d'identifier l'auteur de la « crotte » qui soit dit en passant peut prendre toutes les formes et toutes les dimensions sans qu'obligatoirement il y ait une relation de cause à effet entre la taille du producteur et celle du produit !

Comme souvent ce sont les coprolithes des dinosaures qui sont les « moins mal » identifiés. La fossilisation des excréments doit sa réussite au phosphore qu'ils contiennent, leur conservation étant souvent supérieure à celle des os.

Le cas le plus célèbre est celui d'un coprolithe de *Tyrannosaure* vieux de 65 millions d'années trouvé au Canada dans la province du Saskatchewan et exposé au muséum royal local. Mesurant 44 cm de long pour 13 de haut et 16 de large, il s'agit du plus gros coprolithe dont l'auteur soit identifié avec une quasi certitude. Bon, si l'on fait abstraction du caractère peu engageant de la chose, il s'est révélé un indicateur performant du mode alimentaire de son auteur. Grâce à son étude en lames minces on a pu comprendre le régime carnivore du *Tyrex* en identifiant des os brisés et encore pointus, ce qui permet de penser qu'une partie de la nourriture non digérée restait peu de temps dans l'estomac du dinosaure, ces os appartenaient à un jeune dinosaure (herbivore) estimé de la taille d'une vache quand même !

Il existe une grande variété de coprolithes et il serait impossible de les citer tous ici, je me contenterai donc de donner quelques exemples en photos.



Coprolithe de *Tyrannosaure* (© Musée royal de la Saskatchewan) et de *Dycinodontes* (herbivore du Trias)  
(Crédit photo : Lucas FIORELLI)

Les quatre photos suivantes sont extraites du site « Géoforum »



Coprolithe d'*Ichtyosaure* du jurassique du Dorset (Lyme Regis) et d'un *Plésiosaure* du Sinémurien de Schaffhouse (67)



Coprolithes de *Trilobites* de l'ordovicien de La Meignanne (49) et d'un requin du Cénomaniens du Pas de Calais



Coprolithe de tortue de l'éocène de Madagascar (*Geological & Expedition Specialists*) et d'*Eryops megacephalus* : un Lissamphibien du Permien (*Paléopassion*)



Coprolithe de ma collection non identifié (Photo S. VIGARIÉ)



Coprolithe de ma collection non identifié (peut-être de dinosaure) présentant au verso un « persillage » ressemblant étrangement à des lobes et selles des sutures de cloisonnement d'une ammonites ?

Peut-être la victime d'une petite faim ? (Photo S. VIGARIÉ)

On a trouvé également des coprolithes de poissons, de crocodiles, d'oiseaux carnivores et même de Néandertaliens (site d'El Salt, dans le sud de l'Espagne).

Pour clore ce chapitre je me dois d'évoquer une découverte incroyable ayant un rapport avec les coprolithes, il s'agit d'un vomit d'Ichtyosaure, en effet l'animal était incapable de digérer les rostrés de bélemnites qu'il engloutissait en grande quantité et donc, comme le cachalot régurgite les becs de calamars, il régurgitait les rostrés pour éviter des déchirures intestinales !



Article de presse français sur la découverte du vomi d'Ichtyosaure

**Des « crottes en or » :** « La seule industrie à Cambridge au XIX<sup>e</sup> siècle fut l'exploitation industrielle des coprolithes. Les anglais trouvèrent là un bon engrais qu'il ne fallait plus faire venir de loin. Ces super phosphates en enrichirent plus d'un, il y eut même de l'exportation ! Des fortunes considérables se sont bâties là-dessus. En 1877, on produit quasiment tout l'engrais phosphaté de Grande Bretagne avec 54 000 tonnes produites à partir de coprolithes donnant un bénéfice de 150 000 livres » (*Jurassic-Word.com*).

### III] Ichnofossiles : précieux auxiliaires de la paléoécologie

En se basant, entre autre, sur l'excellent ouvrage de Jean-Claude GALL (Professeur émérite de géologie et de paléontologie à l'université de Strasbourg) « *Environnements sédimentaires anciens et milieux de vie. Introduction à la paléoécologie* », on découvre l'importance des informations fournies par les ichnofossiles.

### **Que nous apprennent les différentes traces ?**

#### Informations sur les séquences de sédimentation

Les ichnofossiles du benthos vagiles donnent des informations sur la variation du taux de sédimentation. Lorsque la sédimentation est faible, les terriers s'agrandissent en profondeur, à l'inverse, pour éviter l'ensevelissement pendant les périodes de forte sédimentation les terriers présentent une croissance ascendante.

Dans la zone tidale (indique le lieu de balancement des marées, la zone de marnage ou un estran), les organismes fouisseurs creusent des terriers en U (comme celui de l'annélide actuel du genre *Arenicola*) et se nourrissent de suspension. Sur la plate-forme, on trouve les terriers également en U mais d'animaux se nourrissant de la matière organique du sédiment. Plus profondément, les terriers des animaux fouisseurs sont plus complexes (*cf* SEILACHER).

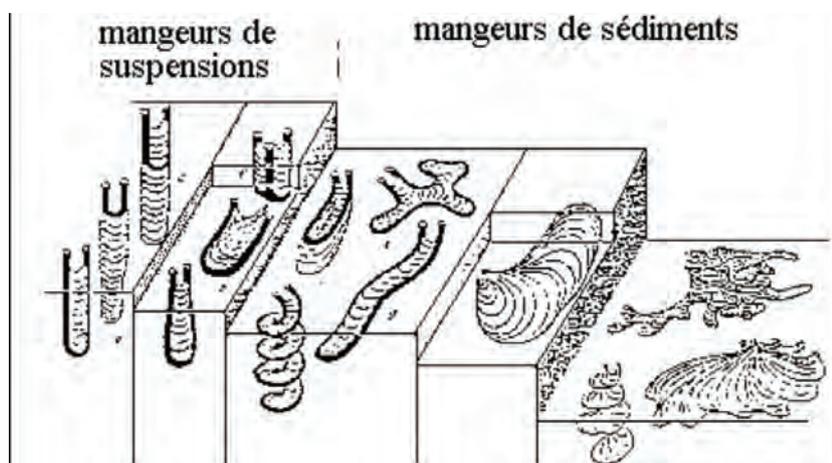
#### Informations sur la Bathymétrie

La bathymétrie (du grec *bathys*, « profond » et *mètre*, « mesure ») est la science de la mesure des profondeurs et du relief de l'océan pour déterminer la topographie du sol marin.

En l'absence de restes organiques, les traces d'activité peuvent se montrer très utiles. Des traces sont laissées par des organismes vivant à faible profondeur (plage, plate-forme littorale), d'autres à des profondeurs plus grandes (bassin océanique). Des assemblages de traces caractéristiques ont pu être corrélées avec la profondeur.

Dans les milieux à haute énergie hydrodynamique de la zone intertidale (la partie du littoral située entre les limites extrêmes des plus hautes et des plus basses marées) « les substrats durs sont creusés par les habitats des organismes lithophages (annélides, crustacés, échinodermes...) ». Dans les substrats meubles, la construction et la conservation des terriers nécessitent un hydrodynamisme plus faible.

« Les pistes de locomotion donnent de bonnes indications bathymétriques » (une donnée bathymétrique est liée à une profondeur d'étendue d'eau). « Les empreintes de pas de reptiles et d'oiseaux naissent sous une mince tranche d'eau ; les pistes de limulidés sont limitées aux eaux littorales » (J.C. GALL). Ainsi, il est possible de connaître, avec une relative précision, la profondeur de l'océan de l'étage concerné dans la séquence stratigraphique où les traces ont été découvertes.



Répartition des principales formes d'ichnofossiles en fonction de la profondeur d'après SEILACHER

### Informations sur l'oxygénation des milieux aquatiques

En analysant les changements dans la succession des traces fossiles, il est possible de distinguer la variabilité temporelle des modifications des conditions de paléo-oxygénation. Lorsque la diminution en oxygène est graduelle, on constate une diminution de la diversité et de l'abondance des traces, alors que lorsque cette diminution est soudaine l'étagement des traces fossiles est comme « gelé ». Des études menées sur des séries sédimentaires anciennes ont montré une très bonne coïncidence entre les variations du taux d'oxygénation déduit des traces fossiles et la quantité de matière organique conservée.

L'analyse des ichnofossiles de type domichnia (terriers) a montré qu'ils évoluaient en fonction du taux d'oxygénation. Typiquement le diamètre moyen des terriers dépasse le centimètre quand les conditions sont oxygénées et est de l'ordre du millimètre dans des conditions dysoxiques (mauvaise oxygénation) sévères.

Les dernières traces fossiles rencontrées avant l'anoxie sont des chondrites. (cf « Géologie de la matière organique » de François BAUDIN, Nicolas TRIBOVILLARD, Jean TRICHET).

On peut donc, grâce aux ichnofossiles, déterminer la teneur en oxygène des eaux à une époque donnée car le benthos et l'endofaune ont besoin d'une eau normalement oxygénée et des sédiments correctement aérés. « Les fonds anaérobies (privés d'oxygène) sont azoïques (dépourvus de formes de vie) » (J.C. GALL). On peut en déduire que l'absence d'ichnofossiles dans une formation sédimentaire est l'indice d'un milieu insuffisamment oxygéné.

## Informations sur la locomotion

Les empreintes de pas permettent de préciser « la position systématique de leur auteur ainsi que l'allure de son déplacement », mais également sa taille et ses mœurs. Par exemple c'est grâce à ces traces que l'on a pu déterminer si leurs auteurs étaient quadrupèdes ou bipèdes comme sur « la plage aux *Ptérosaures* » sur la commune de Crayssac (près de Cahors) où les scientifiques ont découvert que les ptérosaures étaient des reptiles quadrupèdes (mains tridactyles et pieds tétradactyles) (*Actes du Laboratoire de Géologie Sédimentaire et Paléontologie de l'Université Paul-Sabatier Toulouse*).

Autre exemple : jusqu'alors les plus anciennes traces de locomotion (déplacement) dataient de 570 millions d'années, or les traces trouvées au Gabon ont 2,1 milliards d'années, ce qui suppose l'apparition de la vie pluricellulaire 1,5 milliards d'années plus tôt qu'on ne le pensait ! « Si l'on accepte les conclusions de l'analyse des fossiles gabonais, l'acquisition de la multicellularité suivrait de peu l'augmentation des teneurs en dioxygène des océans et de l'atmosphère, ce qui renforce l'hypothèse, souvent avancée, d'une relation causale entre ces deux événements » (Cyril LANGLOIS EPOC, Université Bordeaux 1)



Traces fossiles de déplacement dans des roches vieilles de 2,1 milliards d'années  
(© Abderrazak EL ALBANI / CNRS / Université de Poitiers / AFP)

## Informations sur le régime alimentaire

Enfin, il est possible grâce aux coprolithes de connaître le régime alimentaire de nombreux animaux d'un passé plus ou moins lointain, y compris celui de nos propres ancêtres.

Les exemples sont nombreux et variés, certains confirment des hypothèses déjà émises sur le caractère carnivore des théropodes (comme on l'a vu précédemment pour le coprolithe de *Tyrannosaure*).

Les lames minces des coprolithes fournissent également de précieux renseignements sur la végétation entourant l'auteur de l'excrément grâce à l'identification des pollens ingérés.

On a pensé, à tort ou à raison que les Néandertaliens étaient essentiellement carnivores, or des chercheurs du MIT et de l'université de La Laguna, en Espagne, se sont penchés sur des échantillons de déjections néandertaliennes découvertes sur le site d'El Salt, dans le sud de l'Espagne, et y ont trouvé des traces du cholestérol animal mais aussi du phytostérol, dérivé des plantes, ce qui prouve que nos lointains ancêtres étaient vraisemblablement omnivores.

## Pour conclure

Si l'étude des ichnofossiles a permis la découverte d'un monde étrange, fascinant et parfois énigmatique, elle a également apporté de précieuses informations sur le comportement des animaux disparus et sur leur environnement. La paléoichnologie a toute sa place aux côtés de sa grande sœur la paléontologie.

Mes remerciements les plus vifs s'adressent au docteur D. OLIVERO pour sa gentillesse et sa disponibilité ainsi qu'à notre ami Louis RULLEAU qui nous a mis en contact. Un remerciement plus général à tous ceux qui ont consacré ou consacrent aujourd'hui leur temps, leur patience, leur intuition et leur savoir à l'étude souvent complexe et parfois ardue de ces manifestations de la vie sur notre planète.

## Index Bibliographique

- ARGANT, J. (2014) *La copropalynologie : coprolithes et paléoenvironnement* (Bulletin du Musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco, Monaco : Éditions de Fontvieille, 2014, 54, pp. 39-44. hal-01779117)
- ARGANT, J. et MICHEL P. (2011) *L'analyse pollinique des coprolithes: Un outil pour la reconstruction du paléoenvironnement* (article)
- BAUDIN, F., TRIBOVILLARD, N., TRICHET, J.(1987) *Géologie de la matière organique* (edp sciences)
- BENTON, M. J. and HARPER, D.A.T. (2008) *Introduction to Paleobiology and the Fossil Record*
- BENTON, M. J. and HARPER, D.A.T. (1997) *Basic palaeontology*
- COTILLON, P., BANVILLET, M., GAILLARD, C., GROSHENY, D. et OLIVERO, D. (2000) *Les surfaces à Rhizocorallium de l'Aptien inférieur sur la bordure méridionale du bassin vocontien (France Sud-Est), marqueurs de dynamiques locales, leur relation avec un événement anoxique global* (Bull. Soc. géol. France, t.171, no 2, pp. 229-238).
- FILLION, D. & PICKERILL, R.K. (1990). *Ichnology of the Upper Cambrian? To Lower Ordovician Bell Island and Waban groups of eastern Newfoundland, Canada*. Palaeontographica Canadiana 7, 1–11
- GALL, JC. (1976) *Environnements sédimentaires anciens et milieux de vie. Introduction à la paléoécologie* (Sciences Géologiques, bulletins et mémoires, vol 42).
- HAN, Y and PICKERILL RK. (1994) *New occurrence of Phycodes templis*
- HANTZPERGUE, P et BRANGER, P. (1992) *L'ichnogenre Paleodictyon dans les dépôts néritiques de l'Oxfordien supérieur nord-aquitain (France)* (Copyright © 1992 Published by Elsevier Masson SAS).
- LÖWEMARK, L. (2004) *Ethology of the Zoophycos-Producer: Arguments Against the Gardening Model from  $\delta^{13}C$  Evidences of the Spreiten Material*
- MAZIN, J.M. HANTZPERGUE, P. et OLIVIER, N. *The dinosaur tracksite of Plagne (early Tithonian, Late Jurassic; Jura Mountains, France): The longest known sauropod trackway* (Geobios, vol.50, n° 4, août 2017, p.279-301
- OLIVERO, D. (1994) *La trace fossile zoophycos dans le jurassique du sud-est de la France. Signification paléoenvironnemental* (Doc.lab.Géol.Lyon N°129)
- OSGOOD, RG. Jr (1975) *Modern approach of Ichnology' started*
- RULLEAU, L. *Traces de vie, Ichnofossiles*
- SAVARY, B., OLIVERO, D. et GAILLARD, C. (2004) *Calciturbidite dynamics and endobenthic colonisation : example from a late Barremian (Early Cretaceous) succession in southeastern France*
- SEILACHER, A. (2007). *Trace Fossil Analysis*. Springer, 226 pp. (ISBN 3-540-47225-8); (ISBN 978-3-540-47225-4)
- SEILACHER, A. (1997) *Fondement écologique et conséquences de l'explosion cambrienne* (Article)
- SEILACHER, A. (1977) *Evolution of trace fossil communities* (Developments in Palaeontology and Stratigraphy - Volume 5, chapitre 11, Pages 359-376)
- S. VIGARIÉ – Membre de la section Géologie-Paléontologie des Ciments Lafarge et président du GIPSE (Groupement d'Intérêt Paléontologique Science et Exposition) - 2019

---

# Voyage géologique dans les Rhodopes (Bulgarie) - mai 2014

---

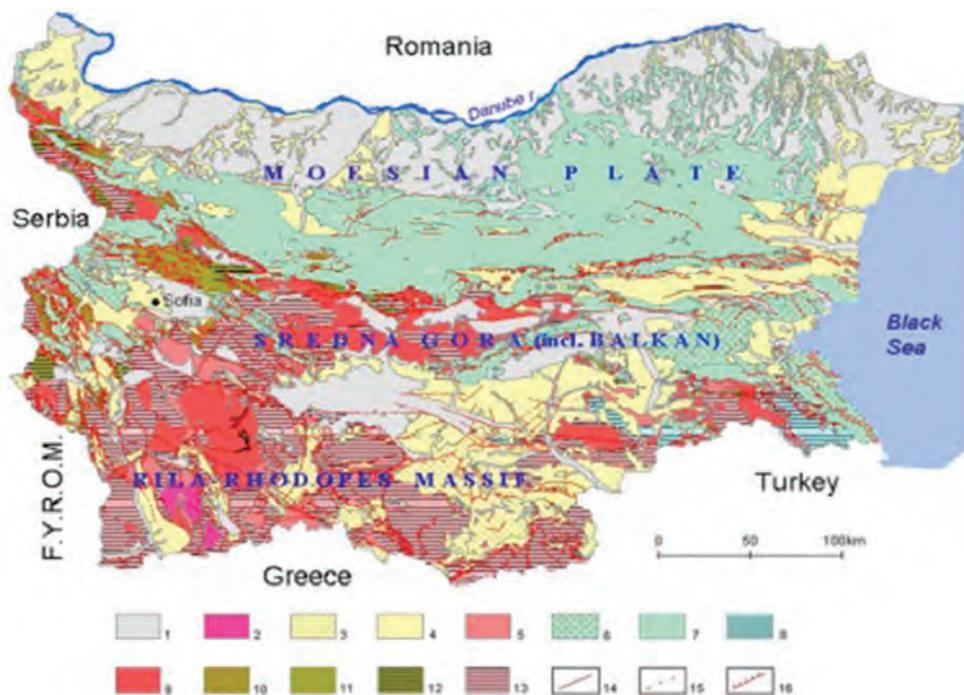
par Émile RIGO

## 1 Introduction

La Bulgarie fait partie intégrante des Balkans et constitue, dans sa partie nord-occidentale, la « branche » inférieure du grand S des Carpathes.

Géographiquement et géologiquement, le territoire bulgare est constitué de 3 zones :

- le plateau danubien (ou Moesian Zone) constitué du nord vers le sud de terrains plio-quaternaires, d'un bassin tertiaire (Éocène) et de faibles reliefs représentant l'ensemble du Crétacé,



- le grand Balkan (ou Zone de Sredno-Gora) avec des séries volcano-sédimentaires du Crétacé en grande partie allochtones marquées par des intrusions de roches ultra-basiques (gabbros, basaltes, diorites et grano-diorites). Cette zone culmine dans les monts Stara Planina au Botev à 2 376 m près de Kazanlak,

- les massifs de Rila-Rhodopes où prédominent les roches cristallines avec granites et une couverture de roches métamorphiques (gneiss, micaschistes...) ainsi que des schistes cristallins d'origine paléozoïque, fortement tectonisés lors de la phase alpine jusqu'à la fin du Miocène. Dans sa partie oriento-méridionale, les niveaux sont parcourus d'intrusions magmatiques à prédominance acide (rhyolites, dacites...). Cette zone, très « alpine », culmine dans le Pirin au Virhen à 2 914 m.

Pour compléter cet ensemble, la zone orientale bordant la mer Noire composée de terrains en collines douces du Crétacé avec un recouvrement plio-quadernaire.



Sites visités de Melnik (1) à Madjarovo (9)

## 2 Sites géologiques

Accompagnés d'un assistant de la Faculté de Géologie de Sofia, nous avons visité de nombreux sites géologiques, minéralogiques et accessoirement paléontologiques (cf carte ci-dessus).

Malheureusement, leur intérêt s'est souvent limité à une lecture géologique des paysages (malgré tout superbes) et à une « maigre » récolte d'échantillons, abstraction faite des régions de Madan (rencontres avec les mineurs) et de Madjarovo (contribution très positive d'un guide local).

Par ailleurs, ce voyage a été aussi l'occasion d'une approche absolument remarquable de la flore et de la faune des Rhodopes ; en effet la flore alpine de cette région présente la particularité d'avoir très souvent une taille double par rapport à nos contrées.



Asphodèle jaune (*Asphodeline lutea*)

### **Site 1 : Les pyramides de Melnik**

À l'extrême SO de la Bulgarie, la petite ville de Melnik est entourée de formations géologiques remarquables, les pyramides de Melnik. Il s'agit de figures d'érosion dans des couches fluvio-lacustres du Pliocène, liées à la rivière Melnishaka descendant de la montagne Pirin.

En contre-bas de ces niveaux, des terrasses alluviales constituent le terroir viticole des vins de Melnik qui comptent parmi les meilleurs du pays en particulier dans le cépage merlot.



### **Site 2 : Sources chaudes de Rupite (Petrich)**

Aux confins de la Macédoine, le village de Rupite, situé au pied du seul volcan aérien de Bulgarie, le Kozuh Planina (281 m), est connu pour ses sources thermales chaudes (74°) ; à noter, à ce propos, que la Bulgarie est le 2<sup>ème</sup> pays européen, après l'Islande, pour son hydrothermalisme.

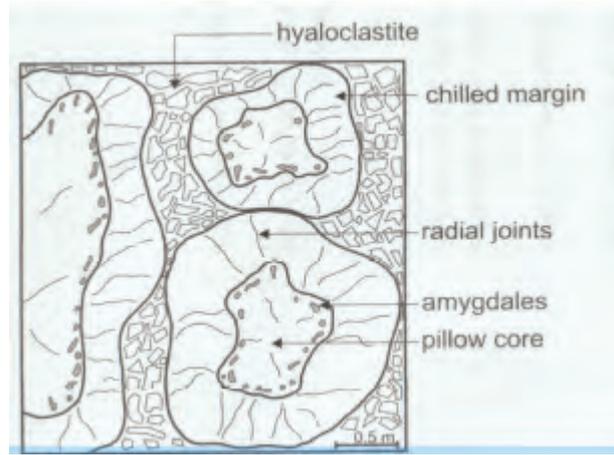


### **Site 3 : Gisement de la haute vallée de la Struma**

À une trentaine de kilomètres au sud-ouest de Sofia, un gisement de poissons fossiles a été récemment découvert dans des niveaux lacustres de l'Oligocène. Nous avons prospecté les affleurements de calcaires gréseux en bordure de la vallée de la Struma ; il s'agit de calcaires en plaquettes renfermant des débris de végétaux et des restes de poissons (arêtes, nageoires...). Malheureusement le peu de temps passé sur le site ne nous a pas permis de récupérer des échantillons de qualité (quelques traces d'arêtes, une petite mouche et des débris de feuilles). D'après la Faculté de Sofia, il y aurait un faune de Dapalis et 5 variétés de feuilles plus des insectes ; ce gisement serait très voisin des sites du Lubéron.

### **Site 4 : Les pillow-lavas de Babitsa**

À 40 kilomètres à l'ouest de Sofia, en bordure des monts Viskjar, nous avons fait une halte sur un flan déblayé de la route vers Babitsa où nous avons pu voir un superbe ensemble de pillow-lavas (laves en coussins). Il s'agit d'une formation volcano-sédimentaire, typique de la zone de Sredno-Gora, constituée de trachy-andésites. Les boules ont des diamètres variant entre 0,5 et 2 m. Le détail de ces ces pillow-lavas est donné par le schéma (Stefan VELEV) ci-dessous.



Ces laves sont issues d'un volcanisme marin et se sont épanchées dans un fond océanique (CCO : Core Complexe Oceanic), la tectonique alpine au Sénonien ayant remonté ces niveaux pour former des écaïlles. Nous sommes dans des zones internes identiques au secteur du Briançonnais en France.

### **Site 5 : Les pegmatites à tourmaline de Samokov**

Le gisement est localisé à 30 kilomètres au sud de Sofia .

Il s'agit de veines de pegmatites recoupant des niveaux de roches métamorphiques (gneiss) du paléozoïque. Ces pegmatites constituent le top de collines dénommées Markova Trapeza. La tourmaline de couleur noire se présente en agrégats massifs de 4 à 5 cm mais aussi en baguettes finement cannelées de plusieurs cm. Les cristaux sont rarement terminés. La matrice est constitué de quartz et de microcline. Rien de bien spectaculaire mais l'environnement est magnifique avec, en toile de fond, le Musala enneigé (2 925 m), plus haut sommet de Bulgarie.



### **Site 6: Le gisement cuprifère d'Elshitsa**

Toujours dans la zone de Sredna-Gora, le district minier cuprifère de Panagjuriste s'étend entre Sofia et Plovdiv. Plusieurs mines sont en activité (Elatsite, Chelopech et Assarel), malheureusement notre accompagnateur n'a pas eu l'autorisation pour nous faire visiter ces unités industrielles.

Nous sommes donc aller plus au sud sur les anciennes exploitations en fouille d'Elshitsa et de Vlaykov Vruh. Il s'agit d'un couple de gisements, l'un épithermal (Elshitsa), l'autre porphyrique, lié à un magmatisme néo-crétacé intrusif dans les granites de Sredna-Gora et des niveaux métamorphiques paléozoïques. Les mines ont cessé leur activité dans les années 1980 (Vlaykov Vruh) et 1990 (Elshitsa).

La mine à ciel ouvert d'Elshitsa a été exploitée en gradins (5 à 7 selon les zones) sur une hauteur de fouille d'environ 120 m et une superficie de l'ordre de 200 ha. La minéralisation est constituée

majoritairement de quartz, pyrite, chalcopirite, chrysocolle, azurite et baryte ainsi que des minéraux d'altération comme la malachite.

Le gisement n'a été réaménagé qu'à 20% et les zones oxydées sont prédominantes d'où la difficulté de trouver des blocs à minéralisation saine.

Toutefois, un très bel échantillon de malachite fibroradiée (cf photo) a été dégagé dans un gros bloc et plusieurs trouvailles de microminéraux (covellite, tennantite, azurite) ont été faites.



Malachite fibroradiée (Elshitsa)

#### **Site 7 : Le district de Madan**

Objectif central du voyage, le district de Madan peut être considéré comme la région-type des minéralisations BPG (blende-pyrite-galène) en Europe.

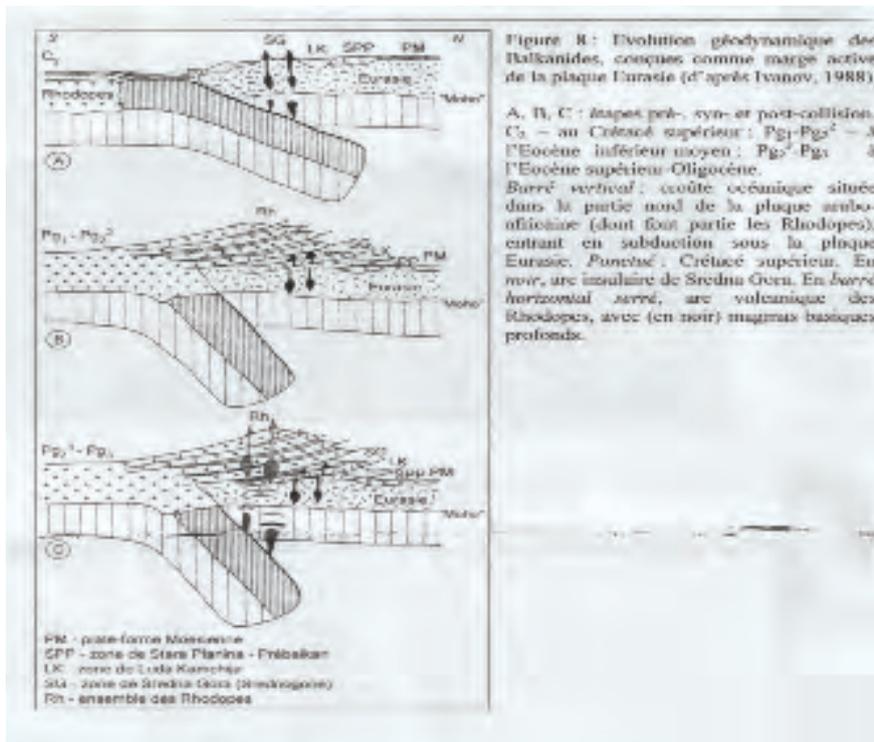
Les 4 mines encore en activité (9 septembre, Krushev Dol, Borieva et Giurduska-Erma Rika ) assurent un « approvisionnement » en minéraux d'excellente qualité et de nombreux mineurs proposent des lots de premier choix.

La région de Madan est située au cœur du massif des Rhodopes dont la majeure partie est constituée de roches métamorphiques, recoupées par des batholites granitiques et des séries volcaniques éruptives.

Ces terrains métamorphiques se présentent sous la forme de nappes syn-métamorphiques alpines mises en place sur une marge de la Téthys au mésozoïque lors de l'orogénèse Alpo-himalayenne, en même temps que les nappes cristallines.

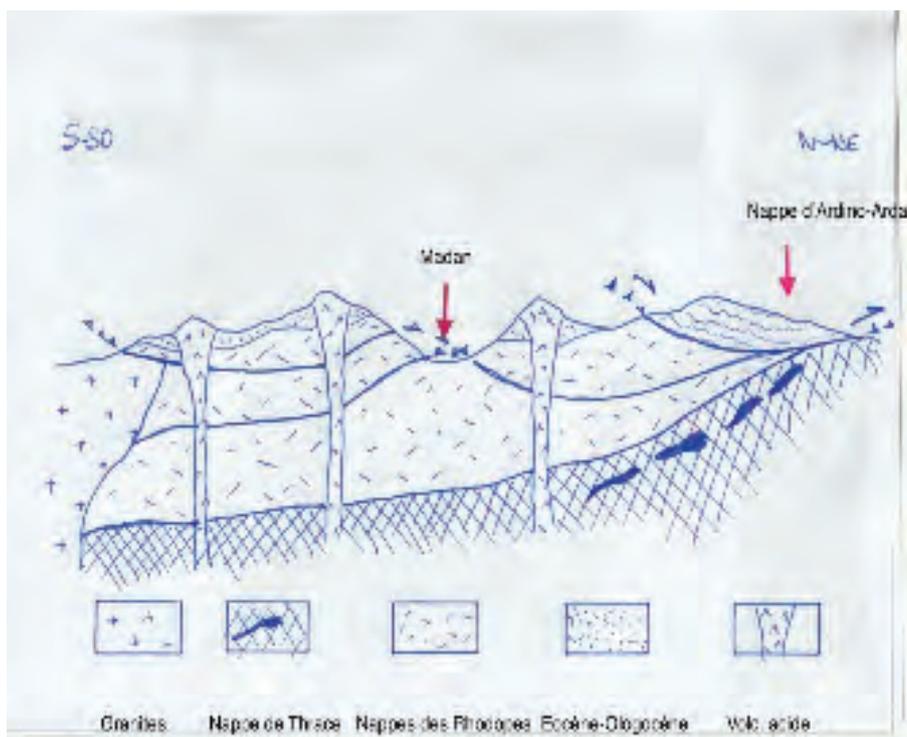
Concrètement cela se traduit par une superposition de nappes de charriage se chevauchant les unes sur les autres. Toutefois, avant de détailler le contexte géologique local, il est fondamental de bien connaître l'évolution tectonique de la région au sens large. Sur la figure ci-dessous, extraite d'une note de Z. IVANOV (1988), une évolution tectonique des balkanides est proposée sur la base du phénomène de subduction de la plaque arabo-africaine sous la plaque eurasienne :

- dans un premier temps, période de la « pré-collision » A, durant le Crétacé supérieur et le Paléocène (90-60Ma), il y a formation d'un arc volcanique (SG), une fosse de flysch externe (LK) comme dans les Alpes française et un domaine de sédimentation dans un bassin épicontinental (SPP). Dans la partie O des Rhodopes, ces niveaux sédimentaires ont été métamorphisés par des remontées granitiques en gneiss, micaschistes et marbres qui vont être les terrains de base des futures nappes de charriage,
- dans un deuxième temps, période de la « collision » B, au cours du lutétien (60-40 Ma), les unités allochtones des Rhodopes se mettent en place selon une disposition en grandes nappes superposées (5 unités) en recouvrant l'arc magmatique (SG),



- dans un troisième temps, période « post collision » C, qui se déroule de l'Eocène au Miocène inférieur (40-20 Ma), une série de fossés grossièrement orientés NO-SE voire O-E, limités par des failles de mêmes directions, se remplissent de sédiments détritiques d'origine lacustre et mais aussi épisodiquement d'origine marine. Pendant cette période, des remontées magmatiques acides (rhyolites par exemple) affectent l'ensemble de la zone des nappes charriées ; les magmas sont originaires de la croûte et, du fait des fortes épaisseurs liées à ces nappes, ils ont vu leur basicité décroître pendant la durée de la remontée.

Par contre, dans la partie orientale des Rhodopes, là où il n'y a plus que 2 unités allochtones et où le manteau est le plus proche, les magmas sont plus basiques.



Cela se traduit dans le contexte local de Madan (cf coupe ci-contre d'après IVANOV Z. 1988), par la superposition de 3 unités de nappes de charriage :

- l'unité de Thrace à sills basaltiques,
- l'unité de Madan constituée d'amphibolites, de gneiss et de passage de niveaux de marbre,
- l'unité d'Arda avec gneiss et migmatites.

Ces deux dernières nappes de charriage sont parcourues par un important réseau de failles orientées NO-SE où se sont mises en place les minéralisations au cours du Tertiaire.

La totalité des mines de la zone (environ 40) sont situées sur ces failles et dans les niveaux de marbres.



Localisation des principales mines du district de Madan

Les gisements Pb-Zn du district de Madan présentent 3 types de minéralisations :

- les « skarns » métasomatiques<sup>1</sup> issus du métamorphisme de contact dans des niveaux carbonatés et de la circulation de fluides pneumatolytiques<sup>2</sup>,
- les « stockwerks » constitués d'une succession de petits filons,
- les filons hydrothermaux et les brèches associés.

Ceux-ci ont des corps minéralisés de différentes morphogénétiques :

• **Les skarns :**

- > travers-bancs, amas et imprégnations diffuses dans l'encaissant, longueur : 30-60 m, épaisseur : 20-25 m,
- > minéraux principaux : sphalérite (marmatite ou cléophane), galène et pyrite,

1 : Transformation de la roche avec formation de minéraux provenant de l'encaissant.

2 : Fluides chauds de faible densité (CO<sub>2</sub>, F, Cl.) issus des liquides magmatiques.

- > minéraux de la gangue : quartz, manganocalcite, hédénbergite,
- > texture de la minéralisation : massive, radiale, géodique (nids),
- > encaissants : marbres et calcaires
- > mines : Borieva, Krushev Dol, Erma-Rika.

• **Les stockwerks :**

- > filons étroits et veinules, brèches, longueur : 1-2 km, épaisseur : 10-20 m
- > minéraux principaux : sphalérite (marmatite), pyrite, galène et chalcoppyrite,
- > minéraux de la gangue : quartz et calcite,
- > encaissants : gneiss et amphibolites,
- > texture : imprégnations, disséminations, brèches massives,
- > mines : Giurduska, Androvo, Marzian.

• **Les filons hydrothermaux :**

- > fractures ouvertes, épaisseur : 1-3 m, 1-2 km de longueur,
- > minéraux principaux : galène, sphalérite, pyrite et chalcoppyrite,
- > minéraux de la gangue : quartz et calcite,
- > encaissant : gneiss et amphibolites,
- > texture de la minéralisation : massive, encroûtements, géodes, brèches,
- > mines : Krushev Dol, Strashimir, 9th September.



Quartz (mâcle du Japon), mine abandonnée de Strashimir



Manganocalcite (Borieva)



Cléophane (Krushev Dol)



Quartz (mâcle du Japon) et pyrite (Krushev Dol)



Galène, pyrite, sphalérite, chalcopyrite sur quartz (9th September)



Galène sur marmatite (Erma-Rika)



Galène sur Sphalérite (Krushev Dol)



Pyrite (5 cm x 4 cm) sur quartz (Borieva)

Les superbes minéraux, qui ont été ramenés, proviennent d'achats aux mineurs mais aussi, pour une petite partie, de la mine abandonnée de Strashimir où nous avons trouvé quelques pièces intéressantes (cf photo). Au toit du travers-banc de cette mine, il y a de magnifiques cristaux de quartz, accompagnés de pyrite... mais à 5 m de hauteur donc inaccessibles sans échelles ou pitonnage !

#### **Site 8 : Les zéolites et agates de Zlatolist (Krumovgrad)**

Au nord de la ville de Krumovgrad, en quittant par le côté gauche la route de Kartjali, en bordure de la rivière Krumovitsa, dans un ruisseau rive droite, des trachy-rhyolites affleurent.

Il s'agit d'un volcan remanié, mis en place au Paléogène avec des brèches pyroclastiques et des ignimbrites. De nombreux nodules d'agate (5 à 20 cm) jalonnent le ruisseau et les terrains avoisinants ainsi que des géodes de zéolites (harmotome en cristaux 1 à 2 cm, chabasite, analcime,...).

La récolte a été de bon niveau en particulier au niveau des microminéraux.

Plus au nord, près de Kartjali, dans le lit de la rivière Arda Arda, nous avons pu observer un magnifique « bedrock », représentant le socle avec une coulée basaltique, les alluvions ayant disparu suite à la vidange d'un barrage en amont.

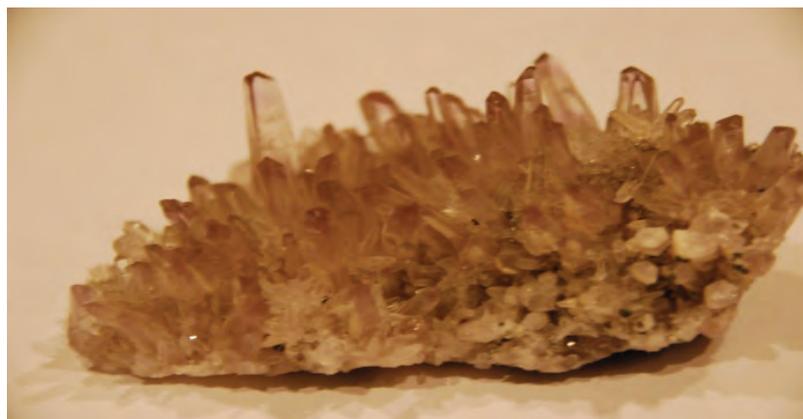


Agate bleue-grise zonée (Zlatolist)

#### **Site 9 : Les améthystes de Madjarovo**

Comme dans tous les Rhodopes orientaux, le volcanisme paléogène a été particulièrement actif et le complexe volcanique « intermédiaire » calco-alcalin est bien représenté dans ce secteur. De plus, un batholite granitique est remonté, accompagné de nombreuses venues hydrothermales post-volcaniques. Une minéralisation Pb-Zn s'est mise en place dans les réseaux de failles.

Au cours d'une randonnée pédestre, nous avons traversé l'édifice volcanique et recherché dans les filons de quartz, les fameuses améthystes roses-violettes de Madjarovo (chemin de Gorno Pole à la rivière Arda : ancienne carrière de granulats dominant la vallée).



Lors de notre retour vers Gorno Polé, nous avons été accompagnés par un Percnoptère d'Égypte, sur plusieurs centaines de mètres, à moins de 20 m de notre véhicule, moment magique que ce vol de *Percnoptère*, oiseau emblématique de la vallée du Nil.

Et quel meilleur clin d'œil pour terminer ce voyage en direction de la Grèce du Nord.



Percnoptère d'Égypte (*Neophron percnopterus*)

## Bibliographie

- IVANOV, Z. : *Aperçu général sur l'évolution géologique et structurale du massif des Rhodopes dans le cadre des Balkanides*. Bull. Soc.Geol. de France Tome 4 p 224-240 SGF1988
- BARDINTZE, J.M et YANEV, Y. : *Volcanisme explosif en contexte de collision dans les Rhodopes orientaux(Bulgarie)*. 15<sup>ème</sup> Réunion. des Sc. de la Terre SGF 1994
- YANEV, Y. et BARDINTZE, J.M : *Dynamisme éruptif du volcanisme paléogène de collision des Rhodopes orientaux (Bulgarie)*. Cr Ac. Sc. Paris T 322 p 432-440, 1996
- KOUZMANOV, K. : *Génèse des concentrations en métaux de base et précieux de Radka et Elshitsa (Zone de Sredna Gorie Bulgarie)*. Thèse doctorat Univ. Orléans, 2001
- VASSILEVA, R.D, BONEV, I.K, MARCHEV, P. et ATANASSOVA, R. : *Pb-Zn deposit in the Madan ore field*. Bulgarian Ac. of Sc., 2004
- VELEV, S. et NEDIALKOV, R. : *Comparison of geological, structural and petrographic characteristics of the pillow-lava flows from the area of Malo Buchino, Babitsa and Nedelkovo villages (W Srednogorie)*. Bulgarian Geological Society Géosciences, 2011

---

---

# De la Durance à la Méditerranée

---

---

par Marcel FALQUE

Entre Durance et Méditerranée, s'étend une région bien connue : la Provence. Ses limites, au Nord, sont assez floues, dépendant plus de l'histoire que de la géographie. Car, ici, apparaissent des massifs montagneux plutôt alpins, sous un climat surtout méditerranéen, provençal... Région très complexe, aux reliefs très variés, d'origines très différentes.

Là, le plissement alpin s'est heurté, plus ou moins violemment, aux anciens massifs primaires. D'où un relief assez accidenté, avec de nombreux petits groupes de sommets, créant le passage de routes pittoresques, étroites et sinueuses. Le tourisme, attirant surtout quelques grosses fortunes au début du XIX<sup>e</sup> siècle, s'est énormément développé depuis le milieu du XX<sup>e</sup>, nécessitant des routes meilleures et des autoroutes, conduisant aux régions côtières très fréquentées par des touristes français ou étrangers.

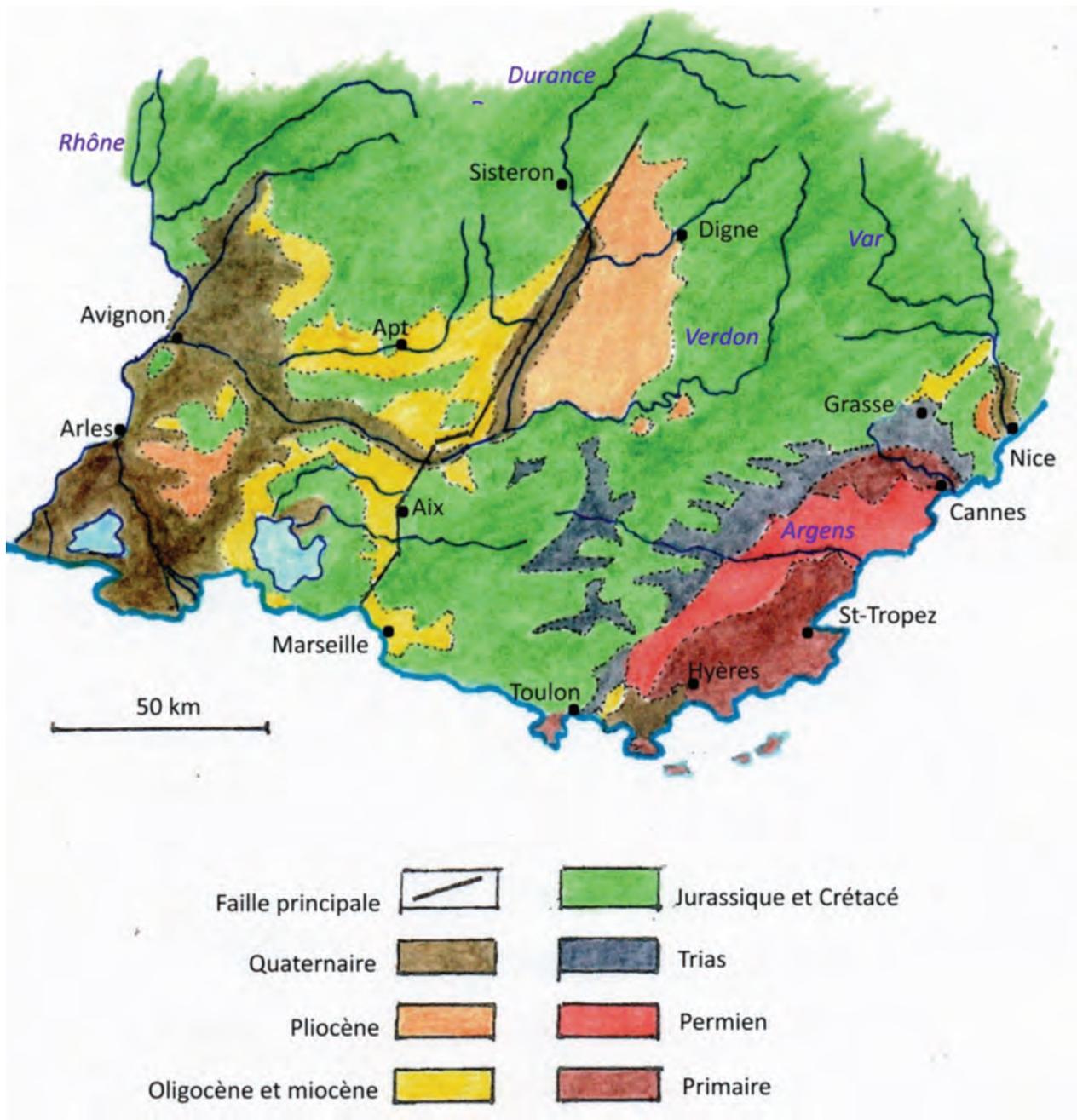
Régions où la population s'accumule dans ces zones au climat fort agréable. Tandis qu'à l'intérieur des terres, rares sont les villes dépassant 10 000 habitants. L'activité principale repose sur le tourisme, le climat chaud et relativement sec ne favorisant guère l'agriculture et l'élevage. Quant aux richesses du sous-sol, surtout cuivre, fluorite, bauxite, pas assez abondantes et non rentables à notre époque, leur exploitation, naguère florissante, a cessé.

Cette région englobe quatre départements français :

- à l'**Ouest**, les Bouches-du-Rhône, avec ses plaines marécageuses de la Camargue, et quelques montagnes, les Alpilles, et la région d'Aix-en-Provence.
- au **Sud**, c'est le Var, comprenant surtout des massifs primaires, Maures, Esterel, et leur bordure septentrionale datée du Trias et du Jurassique.
- à l'**Est**, avec bords de mer provençaux et montagnes alpines souvent enneigées, ce sont les Alpes-Maritimes, département français depuis 1860. Et les 2 km<sup>2</sup> de la Principauté de Monaco.
- enfin, au **Nord**, s'élèvent les Alpes de Haute-Provence, jadis Basses-Alpes, appellation beaucoup plus exacte, car, parler de Provence au Col d'Allos ou à Barcelonnette, cela paraît un peu exagéré. Mais, on est dans le Midi !

À l'ère primaire, cette zone n'était qu'une infime partie du gigantesque Continent hercynien, apparu aux environs de – 350 Ma. Continent resté émergé jusqu'à la fin du Primaire, il y a 230 Ma. Soit 120 Ma à subir l'érosion du temps. Et des secousses telluriques, ayant vraisemblablement amené la création d'une longue faille orientée NNE/SSO.

Au Secondaire, la mer recouvre tout ou presque. Car, au Crétacé supérieur, un isthme relie le Massif Central, à l'Ouest, au Massif Corso-Sarde, au Sud. Isthme s'étendant d'Est en Ouest, avec limite Nord au niveau de Nice, et limite Sud au niveau d'Aix-en-Provence.



L'ère tertiaire voit la mer se retirer progressivement et le plissement alpin relever les dépôts marins du Secondaire en créant de nombreuses fractures du sol. La faille du Primaire se réactive et va s'étendre de Sisteron aux environs de Marseille. À l'Est de cette faille, dominent les terrains datés du Primaire, du Trias et du Jurassique. À l'Ouest, place au Crétacé et surtout aux abondantes alluvions du Tertiaire et du Quaternaire.

Le long de la côte rocheuse, la mer va aménager de nombreux abris, plus ou moins grands et protégés naturellement. Pendant des siècles, vont s'y installer surtout des villages de pêcheurs mais aussi des ports de commerce, voire ports de guerre. Pour la plupart, ils sont devenus des ports de plaisance, accueillant, moyennant finances, de très nombreux amateurs français ou étrangers. Et, en plus, pour profiter du doux climat provençal, tous les moyens de communications sont utilisés : cars, voitures, trains, avions, etc...

De nos jours, le rivage méditerranéen attire de nombreux touristes, un peu envahisseurs. Mais, jadis, d'autres conquérants les ont précédés. Car la Méditerranée, vaste mer intérieure, aux nombreux rivages découpés et accueillants, a vu défiler bien des marins, longeant d'abord les côtes, avant de s'aventurer sur des eaux... pas toujours paisibles !

Venant d'Asie Mineure, les Phéniciens en ont colonisé les bords. Puis des navigateurs grecs sont allés vers l'Ouest, et certains, partis de Phocée, ville proche des côtes turques, ont fondé le port de Marseille, au VII<sup>e</sup> siècle avant J-C. À cette époque, une tribu celte, les Ligures, occupait la région située entre Marseille et Gênes. Bonne entente entre Phocéens et Ligures. Et l'influence de Marseille va s'étendre jusqu'aux environs de Monaco.

Arrivent les Romains, avec leur immense Empire, allant en Afrique et en Asie. Rivalité avec les Celtes, guerres de conquêtes, invasion de la Ligurie, puis de la Gaule. Installés dans ce pays, ils vont lui apporter maintes améliorations : aqueducs, routes, arènes, théâtres, etc.. Et créer Nice, Antibes, Aix, etc... Cet Empire démesuré va s'effondrer et les Barbares l'envahiront.

Au début du VII<sup>e</sup> siècle après J-C, place aux invasions des Arabes. Venant d'Espagne ou d'Afrique du Nord, ils remontent les vallées des fleuves, des rivières. Invasion assez brève. Mais ensuite, pendant des siècles, ces pirates barbaresques vont poursuivre leurs incursions en Provence. D'où ces nombreux villages, haut perchés, bien plus faciles à défendre.

Vers l'an 800, Charlemagne ramène une certaine unité, mais ses réformes vont faire naître la féodalité. À sa mort, ses 3 fils se partagent son Empire. L'un d'eux reçoit les terres allant de la Mer du Nord à la Méditerranée. Et meurt peu après. Alors, chacun de ses frères veut les récupérer. D'où, une très, très longue rivalité entre France, à l'Ouest, et Germanie, à l'Est.

Intégrée dans l'Empire Romain-Germanique, la Provence va connaître divers possesseurs. Entre autres, l'Empereur d'Allemagne, le Comte de Barcelone, et surtout les seigneurs d'Anjou, de 1246 à 1481. C'est seulement à la fin du XV<sup>e</sup> siècle, après la mort du Roi René d'Anjou et celle de son seul héritier, que Louis XI l'ajoutera à la couronne de France. Mais le Comté de Nice reste dans les possessions du Duc de Savoie.

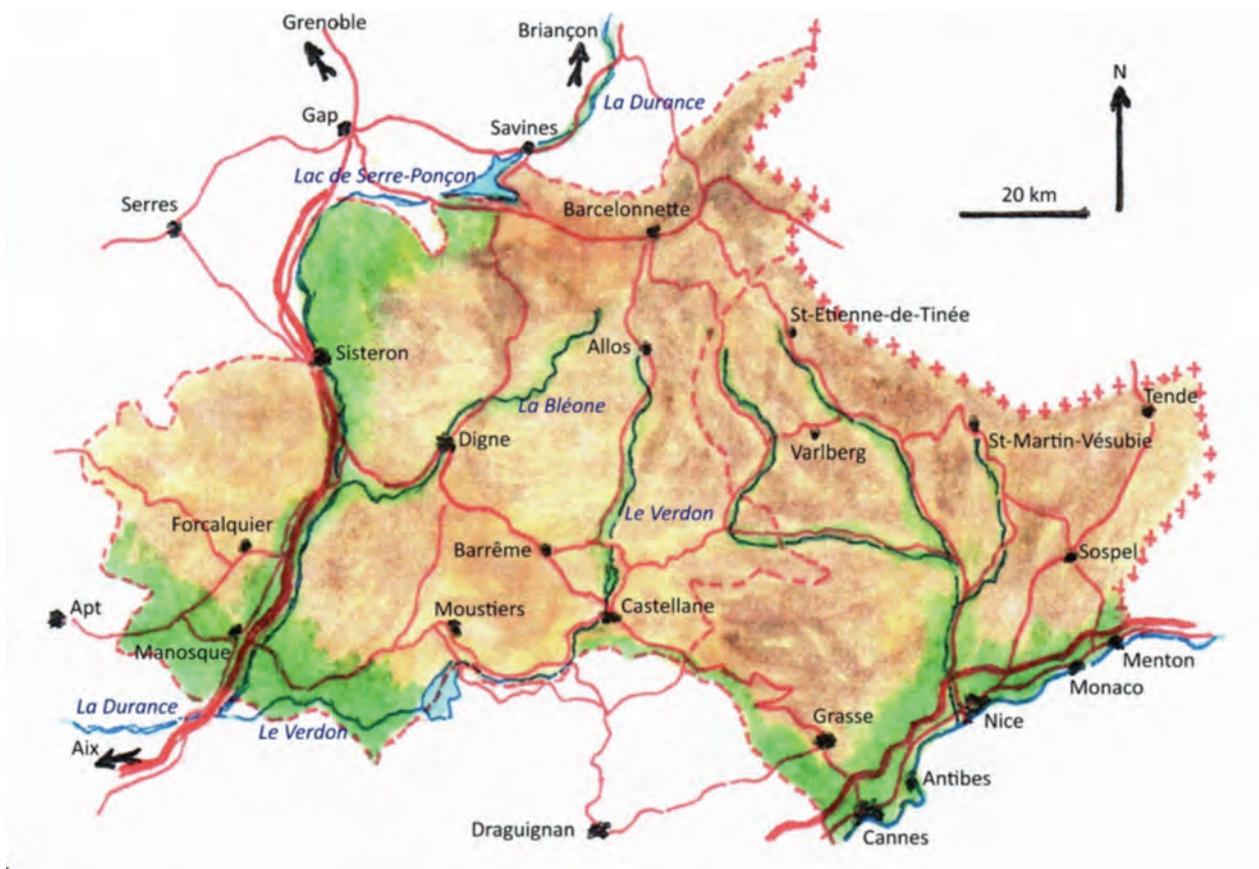
Viennent, dès le XVI<sup>e</sup> siècle, des conflits armés avec Espagne, Savoie... Et des guerres de religion ! Arrivent aussi des épidémies de peste, en 1680, et surtout en 1720, où Marseille voit périr 40 000 de ses 90 000 habitants. Puis, Révolution française, avec Savoie et Comté de Nice rattachés à la France. Et rendus à leurs anciens propriétaires en 1815.

Vers 1850, certains États italiens désirent échapper à la domination autrichienne. La France de Napoléon III leur apporte une importante aide militaire. Le Duc de Savoie devient Roi d'Italie et la possession du Comté de Nice et de la Savoie ne l'intéresse guère. Frontière naturelle préférable. Et, en 1860, au Traité de Turin, ces deux régions deviennent définitivement françaises. Vont naître de nouveaux départements : les Savoies et les Alpes-Maritimes.

Longues années assez calmes, ensuite. La Côte d'Azur attire de riches étrangers, en majorité Anglais et Russes, venus profiter longuement d'un climat plus agréable que le leur... Et si la Provence ne ressent pas trop les souffrances de la Guerre de 1914-1918, il n'en est pas de même lors de celle de 1939-1945, où, occupée par les Allemands, elle voit débarquer, en 1944, à Cavalaire, les troupes alliées désirant libérer la France et doit subir les conséquences des combats.

<b>ERE QUATERNAIRE</b>					
2		Holocène			
		Pléistocène			
<b>ERE TERTIAIRE</b>					
2	<b>NEOGENE</b>	Pliocène	Plaisancien		
			Tortonien		
		Miocène	Helvétien		
			Burdigalien		
25	<b>PALEOGENE</b>	Oligocène	Aquitanien		
			Stampien		
		Eocène	Bartonien		
			Lutétien		
		65		Paléocène	Yprésien
					Thanétien
			Montien		
<b>ERE SECONDAIRE</b>					
65	<b>CRETACE</b>	Supérieur	Sénonien		
			Turonien		
			Cénomanién		
		Inférieur	Albien		
			Aptien		
			Barrémien		
135	<b>JURASSIQUE</b>	Supérieur	Néocomien		
			Portlandien		
			Kimméridgien		
		Moyen	Oxfordien		
			Callovien		
			Bathonien		
		Inférieur	Bajocien		
			Aalénien		
			Toarcién		
			Domérién		
			Sinémurién		
			Hettangien		
180	<b>TRIAS</b>		Rhétien		
			Keuper		
			Muschelkak		
		225	Buntsandstein		
<b>ERE PRIMAIRE</b>					
225	<b>PERMIEN</b>		Thuringien		
			Saxonien		
280	<b>CARBONIFERE</b>		Autunien		
			Stéphanien		
			Westphalien		
345	<b>DEVONIEN</b>		Tournaisien		
400	<b>SILURIEN</b>				
440	<b>ORDOVICIEN</b>				
500	<b>CAMBRIEN</b>				
570					

## DE LA DURANCE A LA MÉDITERRANÉE NORD ET EST



Ici, se situent deux départements, les Alpes-de-Haute-Provence et les Alpes-Maritimes. Ils présentent bien des ressemblances, avec, pour chacun, une zone côtière au climat agréable, vraiment très peuplée, et une zone montagneuse aux sommets élevés, aux vallées étroites, au climat rude, peu habitée, avec des villes à caractère militaire, permettant d'apporter aux nombreux forts de la région, garnison et armement. Région qui fut très importante pendant des siècles, qui a connu de nombreux passages de troupes diverses. Bien moins importante actuellement.

Placé à l'Est de la Durance, le sol de ces deux départements a reçu, pendant des Ma, les très considérables sédiments de mers secondaires plus ou moins profondes. Le puissant plissement alpin les a faits ressurgir, soulevant, parfois, en même temps des dépôts primaires, surtout du Carbonifère. À des altitudes plus ou moins élevées, ils exposent leurs richesses et leurs variétés. Là, abondent des Ammonites diverses, bien protégées maintenant dans des Réserves Géologiques, ainsi que dans des Parcs Naturels Régionaux. Et bien d'autres Fossiles !

À l'Ouest de la Durance, très proche du Vaucluse, se présente une région montrant d'autres aspects. Près de la Durance, les dépôts tertiaires et quaternaires dissimulent une faune très riche en Poissons, Mollusques, Crabes, Échinodermes. Tandis que, sur terre, les Mammifères ont laissé empreintes, ossements, squelettes. Zone très différente, avec des étages géologiques différents, des fossiles différents, déjà décrite précédemment dans « Entre Rhône et Durance ».

## A – ALPES DE HAUTE-PROVENCE



Ici, la Durance a profité d'une faille géologique pour déposer d'abondantes alluvions, arrachées au sol par ses eaux rapides et tumultueuses. La zone, située en rive droite, a reçu les riches sédiments du Miocène. Là, s'achèvent les montagnes de la Drôme et du Vaucluse. Tandis qu'à l'Est, s'étend une région montagneuse, aux rares grandes vallées, entre des sommets dépassant parfois une altitude de 2 000 m. Là, Jurassique et surtout Crétacé dominant, recouverts en quelques points par des dépôts tertiaires, succédant à ceux du Miocène, d'une considérable épaisseur.

Région pauvre, peu peuplée. 140 000 personnes se partagent environ 70 000 km<sup>2</sup>. La rive droite de la Durance en accueille la majorité. Sur la rive gauche, si Digne en héberge 20 000, les autres agglomérations dépassent rarement 1 000 habitants. Sol pauvre, ne favorisant ni agriculture, ni élevage. Industrie très faible. Routes étroites, sinueuses, peu fréquentées, mal entretenues. Mais, le Grand Canyon du Verdon attire les touristes !

Terrains du Jurassique et du Crétacé, peu habités. Paradis pour les chercheurs ? Vrai naguère, mais faux maintenant. Car la majeure partie, la plus riche en fossiles, la plus intéressante à prospector, appartient à la Réserve Géologique de Haute-Provence, où l'extraction de fossiles est rigoureusement interdite.

Par contre, beaux paysages et musées intéressants.

## 1 - DIGNE



Dans cette zone, les régions montagneuses de l'Est, datant essentiellement du Jurassique, s'arrêtent brusquement, et cèdent la place, à l'Ouest, à un vaste plateau bien plus jeune. On appelle cette limite, **le chevauchement de Digne**.

## À l'Ouest de Digne

Là, s'étale le Plateau de Valensoles, bassin disparu à la fin du Miocène, et rempli, ensuite, par des formations continentales. La faille de la Durance le limite à l'Ouest. D'abord plaine de delta, puis lieu de dépôts d'origine alpine, enfin cailloutis au Quaternaire. A la fin du Tertiaire, le Pliocène a laissé des sédiments de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Les fossiles y sont rares. Mais des végétaux ont été signalés à Aiglun (1).

## Au Nord de Digne



La route remonte la vallée de la Bléone et profite d'un pont pour accéder à la rive droite. Après le Musée-Promenade, la rivière reçoit le Torrent de Gévaudan, souvent devenu ravin. Et, quelques dizaines de mètres plus loin, en bordure de la route, le Sinémurien montre une splendide dalle couverte de grosses Ariétites (2). Admirer, photographier... Une autre dalle existe, au Nord de Thoard, vers le Col de Font-Belle (3).

Arrive le confluent entre la Bléone, à abandonner, et le Bès, à remonter. En rive droite, il reçoit le Torrent de Galabre, où se nichent les hameaux de la Robine. Ici, au Nord, s'étendent les marnes noires du Toarcien. Lieu jadis fréquenté par les *Ichthyosaures*. Celui de la Robine, vous attend, à peu de distance, abrité dans un Musée de site (4). Un autre a été découvert, au Sud-Est de La Javie, mais dans le Crétacé (5).

Au niveau du vieux village d'Esclangon, des dépôts tertiaires précèdent, sur la rive droite du Bès, des zones du Jurassique moyen. Puis, retour au Jurassique inférieur vers Barles (6), où les éboulis, au Sud, ont livré des fossiles variés.

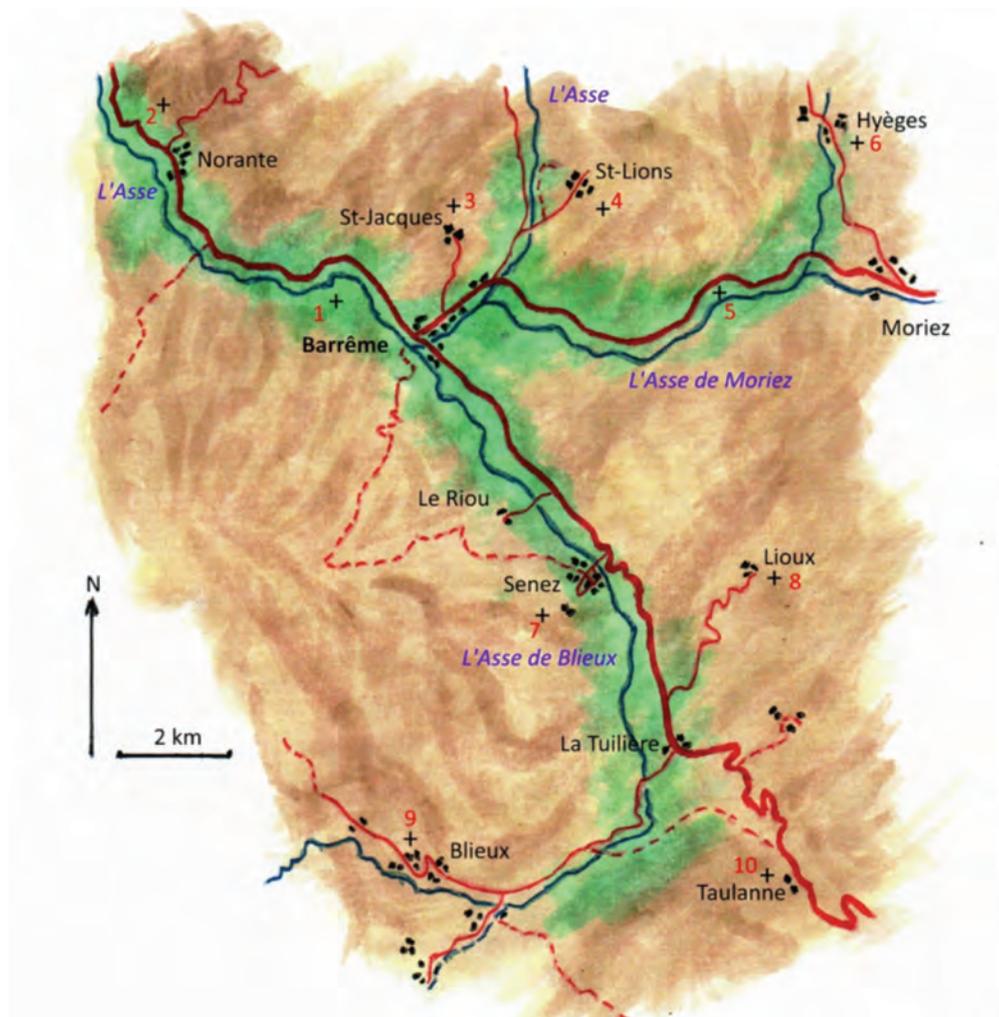
Après Barles, la route coupe calcite et dolomite (7). Puis, la vallée se rétrécit, on arrive à la clue de Verdaches. Une route se dirige vers Auzet, au Nord. Sur la rive droite du cours d'eau, à 2 km environ, près d'un petit pont, un peu de Carbonifère offre quelques empreintes végétales (8).

## Au Sud de Digne

Sur la route des Bains, le ruisseau des Eaux-Chaudes sépare le Jurassique inférieur, à l'Ouest, du Jurassique moyen, à l'Est. Des 2 côtés, des ravins (9) peuvent livrer maints fossiles. Surtout dans les bancs calcaires du Sinémurien, séparés par des schistes. Ou dans des surfaces corrodées, plus ou moins ferrugineuses, où le Domérien recèle *Lytoceras*, *Amaltheus*...

La N85 relie Digne à Castellane. Elle traverse des bancs du Miocène avec, vers Châteauredon (10), des calcaires lacustres à Gastéropodes : *Helix*, *Planorbe*, *Limnée*... Dans la vallée de l'Asse, des grès cachent *Pectens* et *Cérithes*. Ensuite, cluë de Chabrières (11), où l'Asse coupe, en bordure Sud, des calcaires jurassiques. Là, ont été récoltés Ammonites (*Holcophylloceras*), Gastéropodes (*Pygopes*). Tandis qu'au Nord, quelques *Criocératites* ornent les terrains crétacés.

## 2 – BARRÊME



Dans la région de Barrême, les étages géologiques s'entremêlent énormément, et il n'est pas rare de trouver, proches les uns des autres, des sites différents avec des espèces différentes. Mélange encore plus varié, quand l'érosion s'en mêle !

Le petit bourg de Barrême s'est établi au confluent de l'Asse, affluent de la Durance, et de diverses « Asses » de la région. L'Asse principale vient du Nord, descend au Sud, forme une grande boucle et... remonte au Nord. L'Asse de Blioux arrive du Sud, l'Asse de Moriez est née à l'Est. Dans les vallées où coulent ces cours d'eau, existent maints dépôts tertiaires ou quaternaires.

De part et d'autre, apparaissent des sédiments crétacés, puis jurassiques, puis à nouveau crétacés... D'où une carte géologique extrêmement compliquée, avec beaucoup d'imbrications entre ces étages ! Remarque : quand on dit « Barrême », on pense au Barrémien, étage caractéristique du Crétacé inférieur. Or, vers Barrême, celui-ci est peu représenté, et son stratotype se trouve à Angles, à 15 km à l'Est de Barrême.

Jadis, au Secondaire, dans la mer barrémienne, vivait une faune abondante, montrant des Ammonites habituelles, comme les *Barremites*, et d'autres, très, très curieuses, les célèbres *Crioceratites*. Ammonites « déroulées », dont les restes fossilisés ont fait la joie des collectionneurs, pendant bien longtemps. Hélas, dégâts, pillages, et depuis 1984 environ, ces sites sont réservés à des recherches scientifiques. De nombreuses photographies de ces Céphalopodes illustrent le livre « Ammonites » de Gérard Thomel. Mais on peut en contempler de réelles, dans Barrême, décorant places et rues. Ainsi qu'à la Mairie, où un Musée leur est consacré.

### Au Nord de Barrême

À Barrême même, dans le Crétacé inférieur (1), en bordure de l'Asse, et à l'intérieur de la grande boucle de cette rivière, en particulier aux ravins de Vignon et de Valbonnette. Là, Barrémien et Hauterivien offrent *Barremites* et splendides *Crioceratites* comme *Ancyloceras*, *Paraspidoceras*, *Emericiceras*... Tandis qu'au Nord-Ouest, à Norante (2), *Cadomites* et *Perisphinctes* représentent le Bathonien du Jurassique moyen.

En allant vers l'Est, St-Jacques (3) cache des Nummulites dans ses dépôts tertiaires et recèle des Ammonites du Crétacé, au ravin de St-Martin. Plus loin, St-Lions (4), à la limite entre Crétacé et Tertiaire, montre une faune très variée, avec Ammonites, Oursins, Gastéropodes, Bivalves. Sur la route joignant Barrême à Moriez, à 2 km de ce bourg, entre la route et l'Asse, un petit torrent arrive dans une clairière (5), limitée à l'Est par une paroi rocheuse bordée de nombreux débris, où reposent des « déroulées », comme *Hamulina*... Et, pour changer, à Hyèges (6), l'Aptien a laissé de belles Ammonites pyriteuses : *Douvilleiceras*, *Phylloceras*.

### Au Sud de Barrême

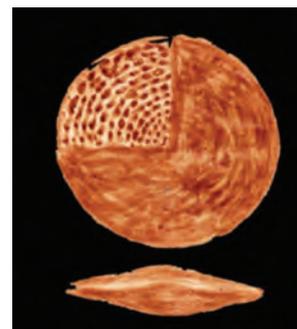
À Senez (7), le Sud-Ouest du bourg a livré de beaux spécimens, difficiles à dégager. Et à Lioux (8), on retrouve une faune aptienne, très proche de celle de Hyèges. Vers le Sud, à Blioux (9), des polypiers se dissimulent dans des marnes bleues, encastrées entre Jurassique et Crétacé. Tandis qu'à Taulanne (10), les *Nummulites* abondent.



*Barremites*

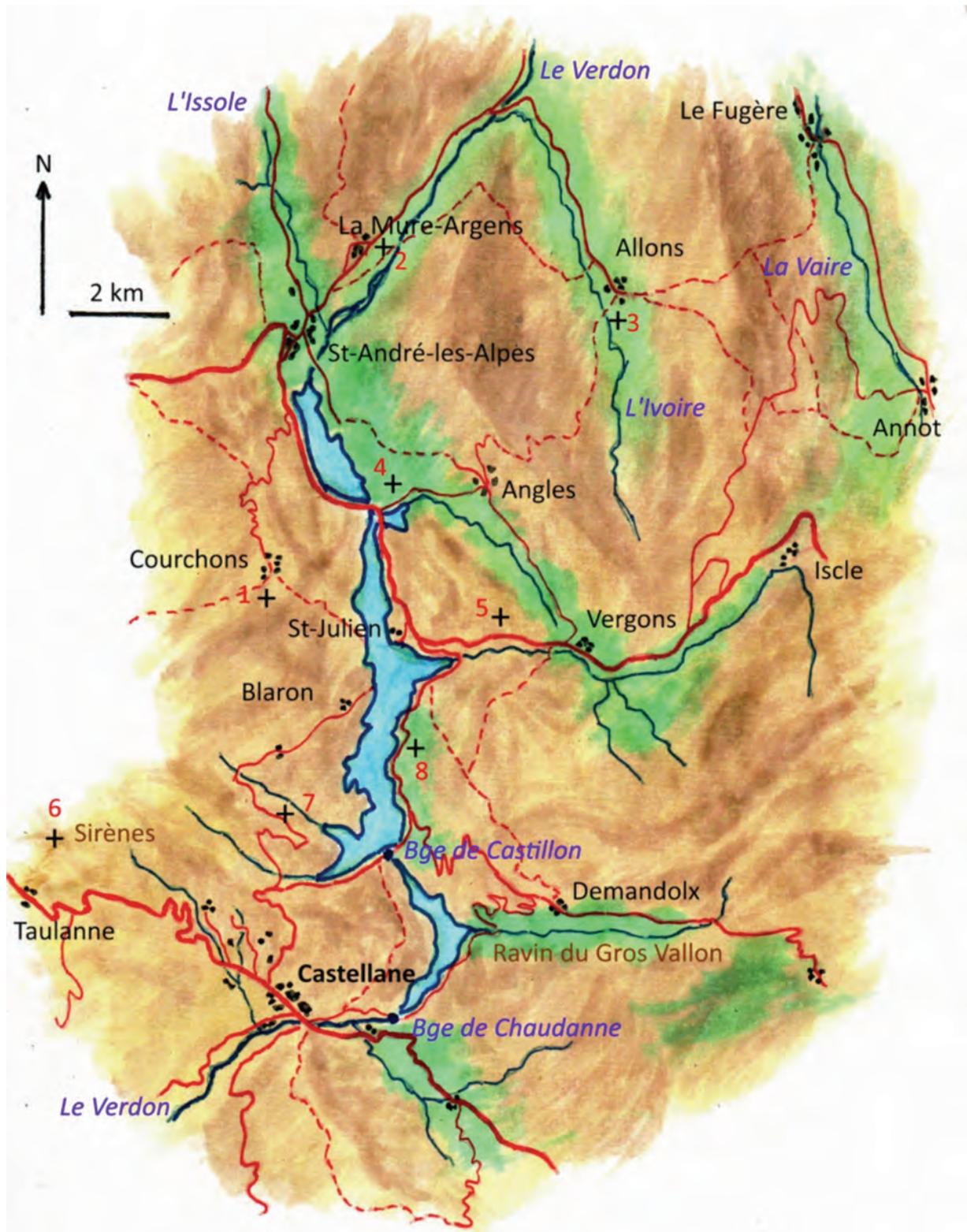


*Emericiceras*



*Nummulites*

### 3 – CASTELLANE



Né vers le Col d'Allos, le Verdon se hâte pour arriver à Castellane. Puis il prend la direction de l'Ouest pour rejoindre la Durance. Un barrage a créé un lac de retenue, le Lac de Castillon, aux rives fort découpées, situées, en partie Ouest, dans la Réserve Géologique de Haute-Provence. À l'Est, la partie Sud ne fait pas partie de cette Réserve. Deux gros bourgs accueillent les touristes.

## Au Nord : Saint-André-les-Alpes

Au confluent du Verdon et de l'Issole, établi sur de récentes alluvions, ce bourg héberge environ un millier d'habitants. Autour de la vallée, se dressent des terrains du Crétacé inférieur bordant des sols du Jurassique supérieur. D'où des sites aux richesses très différentes.

Ainsi au Sud du hameau de Couchons (1), dans des bancs de calcaire gris, le début du Crétacé a laissé quelques fossiles comme *Berriasella*. La Mure-Argens (2), où les alluvions modernes longent le Crétacé, présente une faune variée avec Ammonites, Oursins, Bivalves. Allons (3), dans des marnes bleues de l'Eocène, offre des Polypiers. Mais, le lieu le plus important est Angles (4), où se trouve le stratotype du Barrémien, au Sud-Ouest du village et près du lac. On peut, en remontant les torrents, découvrir de belles empreintes. Les *Crioceras* reposent dans des calcaires gris-clair, coupés par des marnes. Plus blancs, d'autres calcaires livrent aussi des *Desmoceras*. Quant aux marnes, si elles sont jaunes, elles dissimulent des *Hoplites*. Si elles sont bleues, elles cachent *Phylloceras*, *Lytoceras*, etc... Faune de l'Aptien, retrouvable à Vergons (5), à 2 km à l'Ouest du village, côté Nord de la route.

## Au Sud : Castellane

Dans ce bourg de 1 500 habitants, un Musée vous attend : Sirènes et Fossiles. Il retrace la vie de ces mammifères marins et permet d'admirer les restes d'une riche faune secondaire. Car, à quelques kilomètres de Castellane, au bord de la Route Napoléon, près du Col des Lèques et du hameau de Taulanne, se trouve la vallée des Sirènes Fossiles (6). Il y a 40 Ma, la mer s'étalait ici, et, dans les eaux paisibles de criques, d'anses, nageaient des Siréniens, proches de nos Lamantins et Dugongs actuels. Leurs ossements, fossilisés, constituent un gisement unique au monde, accessible par un sentier, après une courte promenade.

Plus ancien, le Secondaire a aussi laissé des traces près du lac, vers la vallée du Cheiron (7). Pour s'y rendre, suivre la route allant à St-André-les-Alpes. À 1 500 m de Castellane, elle recoupe des terrains calcaires du Jurassique inférieur, avec quelques *Ariétites* du Kimméridgien. Puis, il faut continuer jusqu'au Col de Blache, et là, prendre à gauche, le chemin conduisant au hameau de La Baume. Route en lacets, un peu vertigineuse, à emprunter sur 2 à 3 km environ, pour se garer, vers le sommet d'un éperon rocheux, à quelques dizaines de mètres d'un virage très serré. Un sentier descend vers le lac, en suivant un ravin. Sur ses flancs, examiner très attentivement les éboulis. Ces calcaires très durs, très cassants, coupés par des bancs de marnes, dissimulent des Ammonites très variées. Ensuite, reprendre la route de Saint-André-les-Alpes, passer au Barrage de Castillon. Deux kilomètres plus loin, au pied d'une paroi rocheuse (8), gisent des empreintes et des morceaux de « Déroulées ».

Une « Déroulée » peut se présenter en 2 parties, sur 2 blocs différents. Dégager sur l'un pour compléter l'autre, c'est tentant... Mais, c'est très fragile, et cela donnera... beaucoup de morceaux ! Meilleure solution : choisir un des deux blocs, le mouiller comme s'il avait subi une bonne pluie, et... le placer 2 ou 3 jours au congélateur. Puis, le plonger dans une eau très chaude. Le choc thermique peut permettre de décoller le morceau d'Ammonite. Après, le fixer correctement sur l'autre bloc.



*Pulchellia*  
80/70 mm



*Abrytusites*  
60/60 mm



*Phyllopachyceras*  
70/68 mm



*Crioceras*  
80/65 mm



*Crioceras*  
110/99 mm

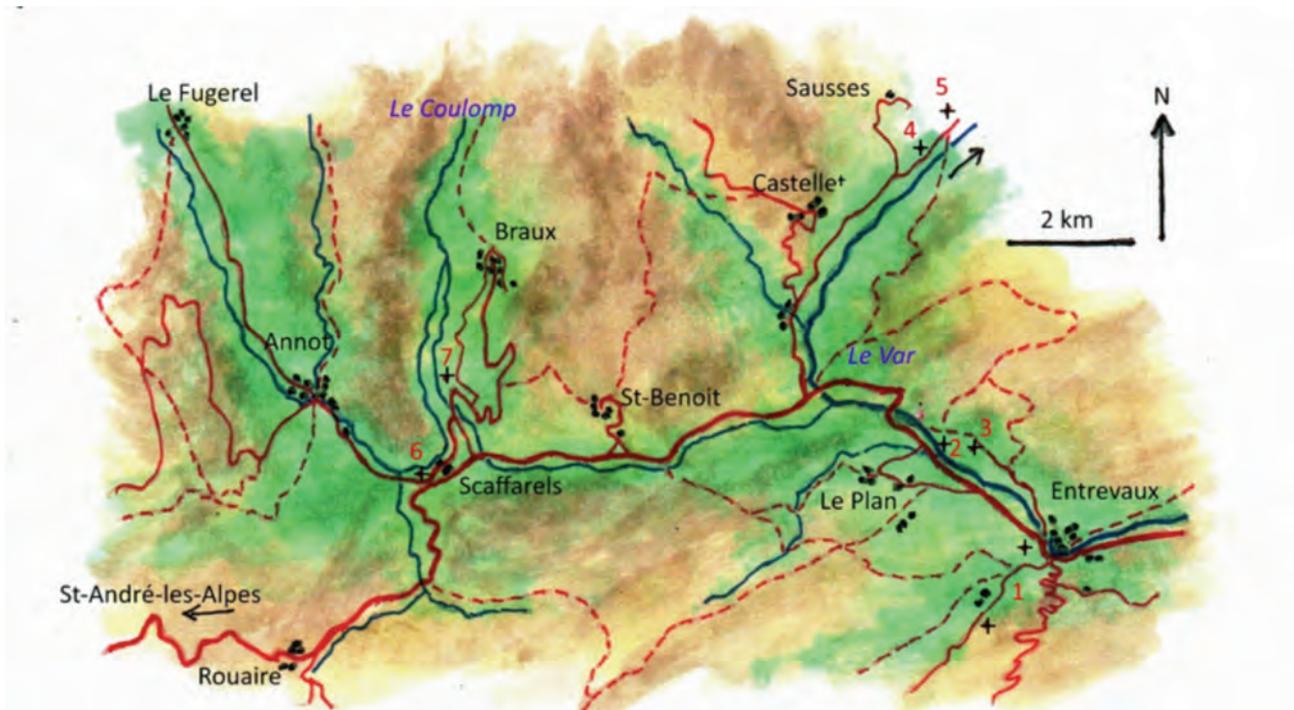


*Ptyhoceras*  
100/91 mm



*Barremites*  
130/100 mm

## 4 – ENTREVAUX



Extrémité Est des Alpes de Haute-Provence, la région d'Entrevaux est hors des limites de la Réserve Géologique. Sites fossilifères plus rares, moins attrayants. Toutefois, Entrevaux et le hameau de Scaffarels détiennent une faune intéressante. À l'Eocène, de -54 à -35 MA, dans la mer recouvrant cette zone, vivaient de nombreux Invertébrés : Bivalves, Gastéropodes, et d'innombrables petits êtres unicellulaires, les Nummulites, qui abondent dans les dépôts calcaires.

### Entrevaux

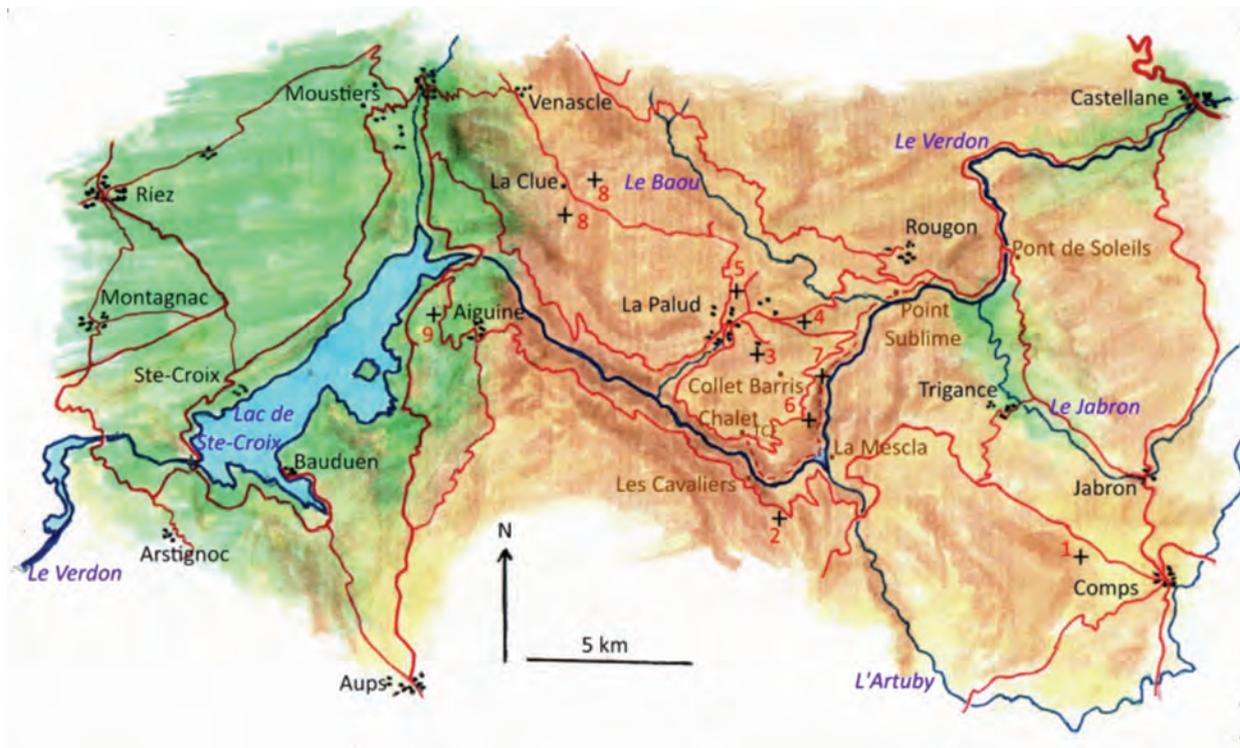
Citadelle et ville fortifiée par Vauban, le bourg propose, sur la route de Villevieille, près du cimetière (1), des calcaires argilo-sableux, riches en Nummulites associées à Polypiers, Bivalves, Gastéropodes et Echinodermes. À la sortie Ouest, en allant vers Annott, au lieu-dit Le Plan (2), en rive Gauche du Var, les marnes noires gardent des fossiles de l'Aptien. Plus loin, un chemin, à droite, ramène au bourg et permet de découvrir, dans les calcaires (3), des Algues piégeant des *Nummulites*.

Puis, prendre la route de Daluis. Après le chemin menant à Sausses (4), le Crétacé inférieur renferme *Crioceras* et *Barremites*. Puis, se présentent des marnes grises et beiges, entrecoupées par des calcaires (5), où reposent des Ammonites pyriteuses : *Neolissoceras*, *Phylloceras*... Ensuite, en revenant sur la route reliant Entrevaux à Saint-André-les-Alpes, on arrive à...

### Scaffarels

Là, il faut traverser la rivière. Après la voie ferrée, apparaissent des niveaux argilo-sableux, très fossilifères (6) : Polypiers, Bivalves (*Ostrea*, *Chlamys*, *Spondylus*...), Gastéropodes (*Turritella*, *Conus*, *Rimella*...), Echinodermes (*Schizaster*). Et Nummulites en abondance ! À 1 km au Nord, vers un petit Col (7), on rejoint la vallée du Coulomp, où les marnes bleues cachent petits Gastéropodes et articles d'Encrines.

## 5 – LE VERDON



Nées vers les hauts sommets des Alpes, les eaux violentes du Verdon ont rencontré sur leur parcours, des calcaires blancs, coralliens, ayant plus ou moins de dolomite. Au cours de Ma, elles s'y sont frayé un chemin, creusant un spectaculaire canyon. Depuis, l'homme a ralenti le cours du Verdon, avec les barrages de Castillon et de Sainte-Croix. Des lacs de retenue sont apparus, mais le canyon est resté. Et les touristes sont arrivés !

Au Nord de ce lieu, s'étend le département des Alpes de Haute-Provence. Au Sud, allant vers la Méditerranée, c'est celui du Var, avec, près de ce canyon, les « Plans militaires de Canjuers », situés dans des terrains analogues. Terrains où, plus à l'Est, l'Artuby, affluent du Verdon, a creusé son propre canyon. Au Sud du Verdon, on est dans le Parc régional du Verdon. Et, au Nord, la Réserve géologique de Haute-Provence recouvre la rive la plus fossilifère...

En grande partie dans le Jurassique supérieur, la région présente quelques lambeaux d'un Lias jurassique plus ancien. Ainsi que des zones du Crétacé, surtout vers La Palud-sur-Verdon, ainsi qu'à l'Est de Moustiers Sainte-Marie. Tandis qu'à l'Ouest s'étale le vaste Plateau de Valensoles. Alors, de chaque côté du Verdon, se dissimulent des faunes variées, mais rares. À Pont de Soleils, le Jurassique supérieur dissimule des Ammonites : *Sowerbyceras*, *Perisphinctes*, *Holcophylloceras*... Quant au Crétacé, plus riche, on le trouve en divers lieux...

### Comps

Ici, à l'Ouest et au Sud, de grandes zones du Jurassique bordent le Crétacé inférieur. À 3km du bourg, des ravinements (1), en bord de la route menant aux Gorges du Verdon, recèlent des Ammonites de l'Aptien, comme *Douvilleiceras*, *Hoplites*... Plus loin, la route rejoint le Verdon et sinue entre « Les Balcons de la Mescla » et « Les Cavaliers ». Là, après les tunnels, sur la gauche de la route, des Polypiers constituent le socle rocheux d'un parking (2).

## La Palud-sur-Verdon

Au Sud-Est du village, en allant vers le hameau de Boulogne, les marnes de l'Hauterivien (3) offrent Crioceras, Acanthodiscus, Neocomites... ainsi que des Oursins (Toxaster). Au Nord de ce site, après le carrefour entre la route de Rougon et la route touristique (4), les calcaires datés du Barrémien peuvent livrer quelques fossiles. Tandis qu'à 600 m, au Nord du bourg, dans les grès d'une colline (5), se cachent des Bivalves : Exogyra...

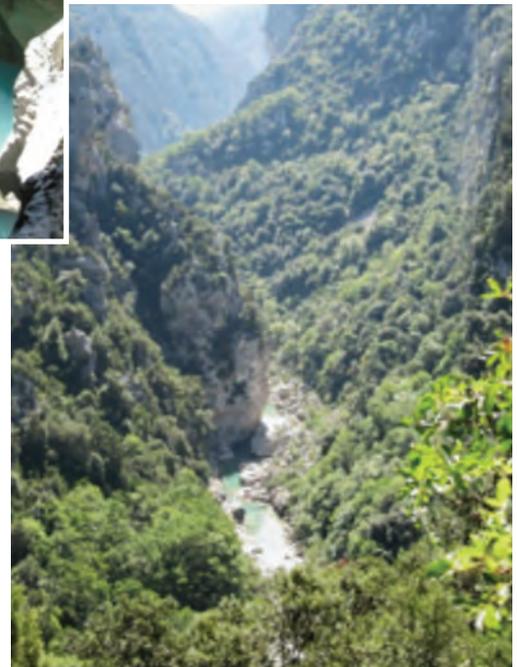
Partant de La Palud, après avoir suivi le Ravin de Main Morte, la route touristique atteint le Verdon et se dirige vers l'Est. En présentant maints belvédères pour contempler le canyon. Ensuite, elle escalade les flancs des 1 458 m du Collet Barris, et, dans ses talus (6), taillés dans le corallien, elle montre Coraux et Bivalves. Et, partant du Chalet du T.C.F., le sentier Martel, parfois vertigineux, permet un accès aux Gorges. Puis, à mi-chemin (7) entre la vue sur les Gorges de la Mescla et le Point Sublime, surgit le Jurassique moyen. Là, dans les pentes, des Ammonites reposent.

## Moustiers- Sainte-Marie

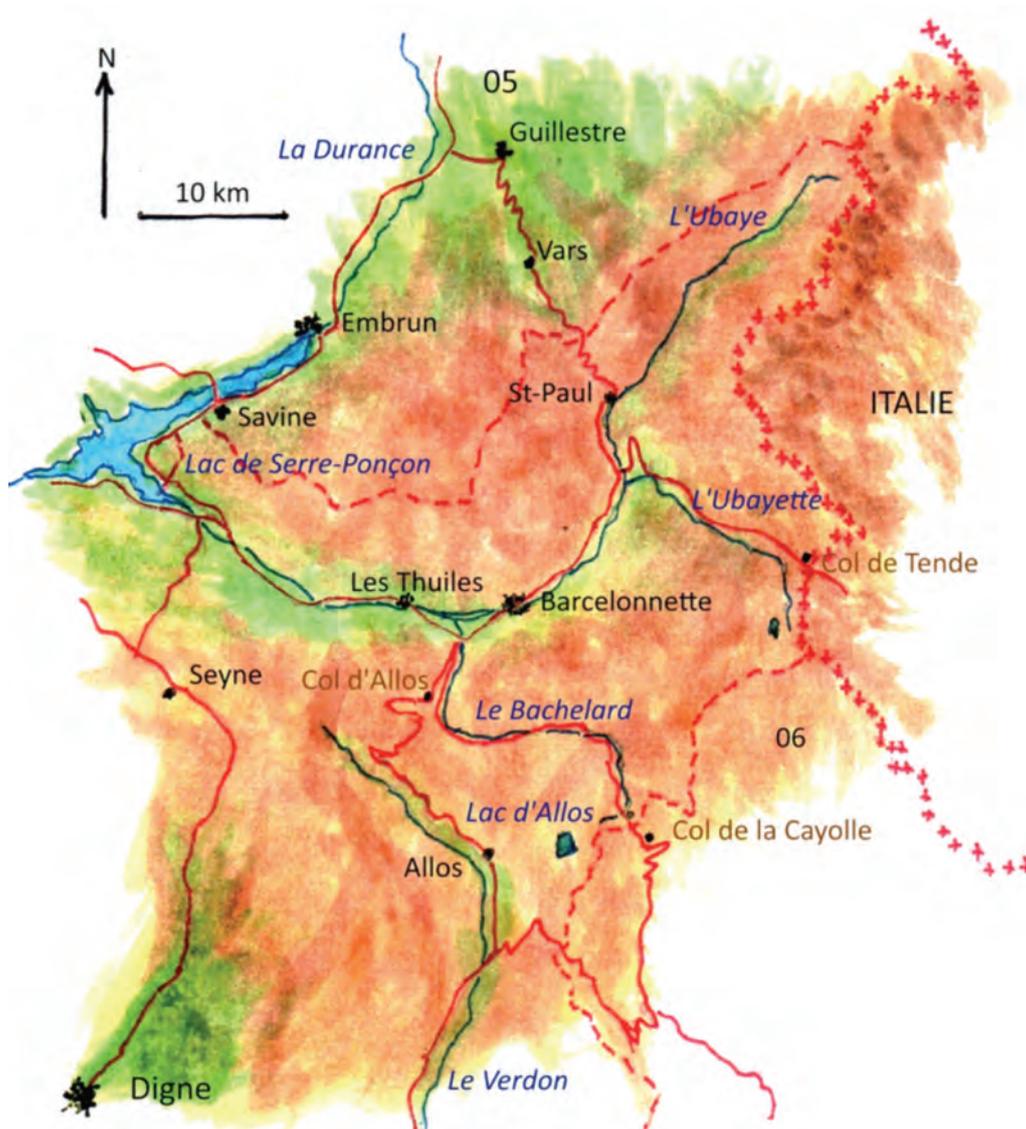
Du bourg, une petite route conduit, à l'Est, à Venasclé. De ce petit village, on peut descendre, au Sud-Est, jusqu'à La Palud-sur-Verdon. A 3 km, en amont de la ferme de La Clue (8), les dépôts marneux et calcaires du Barrémien offrent Ammonites et Bélemnites.

## Aiguines

Des terrains récents séparent ce village du Lac de Sainte-Croix. La route, remontant vers le Nord, les recoupe. À quelques kilomètres (9), des Gastéropodes dorment dans des calcaires miocènes.



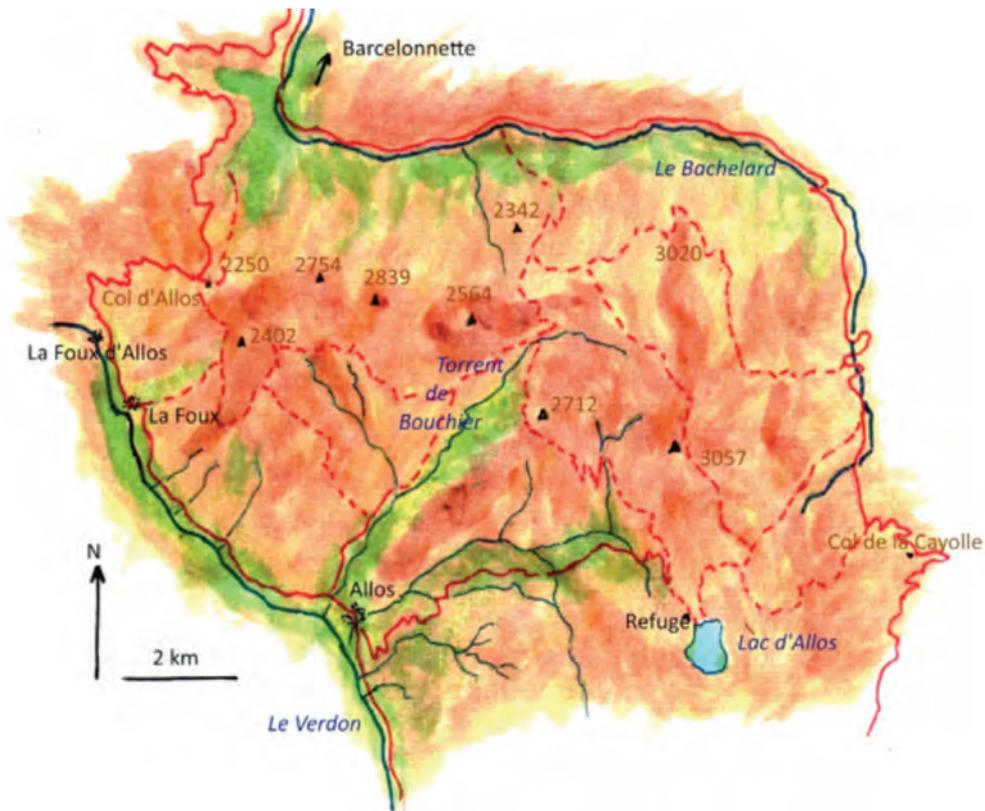
## 6 – LE NORD-EST



Ici, les riches zones fossilifères du Sud-Est sont bien loin. Place aux hautes montagnes dont les sommets, nés lors de la formation des Alpes, culminent à 3 000 m. Région aux vallées encaissées, au climat très rude. Quant aux rares fossiles, on en a signalé dans les marnes, près des Thuiles. De ce même lieu, en remontant les lits des ruisseaux se jetant dans l'Ubaye en rive droite, on peut découvrir des boules noires renfermant des cristaux de quartz.

Autre lieu, le Col de Larche, à la frontière France-Italie. Après la barrière de douane, en sol français, part, vers le Sud, une piste rejoignant le G.R.5, sur la rive gauche de l'Ubayette. Suivre ce G.R., dépasser les lacs. Dans les éboulis, à droite de la piste, des quartz se dissimulent.

Mais, c'est vers Allos que se situe la zone la plus intéressante. Secteur considéré par André LACROIX comme « riche en grandes cavités contenant des cristaux de bonne taille ». Dans son N° 71, de septembre-octobre 2006, la revue « Le Règne minéral » relate la découverte d'une fissure, riche en quartz bi-terminés, enfouis dans des masses de boue. Cristaux très particuliers, dans une zone très particulière.



Il s'agit d'un terrain qui glisse, en suisse-allemand, un « Flysch ». À l'origine, les dépôts des mers secondaires se sont accumulés sur des plaques tectoniques, l'une européenne, l'autre adriatique. Au Crétacé, lors de la fermeture de ces mers, la plaque européenne, par subduction, a glissé sous l'autre, la relevant quelque peu. À cet endroit vont se déposer de nouveaux sédiments, qui, lors du plissement alpin, seront transportés plus loin, glissant sur le socle primitif, en lui arrachant maints lambeaux, souvent importants.

Formés de schistes gris très épais, avec des plaquettes de grès et de calcaire portant souvent des traces de reptation, les « Helminthoïdes », dus peut-être à des Gastéropodes, reposent sur des schistes lustrés. Le soulèvement alpin les a bousculés, plissés. Des fentes vont cacher des poches d'eau chaude, de gaz, de minéraux... Bonnes conditions de cristallisation ! Puis, les eaux de surface transportent de l'argile qui remplit les fissures, enveloppe les cristaux et les altère un peu. Mais séismes et climat amènent un démantèlement rapide. D'où sites éphémères.

Au Nord d'Allos, les montagnes cachent ces fissures, surtout sur les sommets à l'Ouest du Torrent de Bouchier, au-dessus des sapins. Accès en partant du Refuge, près du Lac d'Allos. Ces fissures offrent des quartz-fenêtres avec inclusions d'argile. Vers le Col d'Allos, poches analogues, avec cristaux plus limpides. Mais, il faut chercher, chercher et parfois... trouver.



## B – ALPES-MARITIMES



Les montagnes du Nord culminent souvent à plus de 2 000 m. Sous leur âpre climat, les rares habitants exploitaient, jadis, les forêts et quelques mines de cuivre, abandonnées depuis longtemps. Maintenant, stations de sports d'hiver, stations d'été, ont donné un nouvel essor à cette région. Plus près de la zone côtière, dans montagnes et plateaux calcaires, proches de 1 000 m d'altitude, Var, Tinée, Vésubie, Cians, Loup, ont creusé d'étroites Gorges sinueuses. Ici, le climat moins rude permet cultures diverses : oliviers, fruits, primeurs, fleurs. Et industries annexes : parfums, conserves.

La côte, rocheuse et découpée, accueille, de Cannes à Menton, une abondante population. Le doux climat a attiré, depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle, résidents et touristes étrangers fuyant les rigueurs saisonnières de leurs pays. Attirés aussi par le Casino de Montecarlo ! Depuis, les ports de plaisance se sont multipliés. Et les 2/3 des actifs travaillent pour le tourisme.

Au V<sup>e</sup> siècle av.J.C., sur les terres des Ligures, des navigateurs marseillais fondent la colonie de Nice. Deux siècles plus tard, invasion romaine. Ensuite, invasions de Barbares, rivalités médiévales entre les Lascaris de Tende et les Grimaldi de Monaco. Puis viennent les Comtes de Provence, d'Anjou en 1240. Et Comtes et Ducs de Savoie, de 1388 à 1792.

Ce département français de 1792 à 1814 rentre, ensuite, dans l'Empire austro-hongrois. Jusqu'à l'indépendance de l'Italie, où, Victor-Emmanuel II, Duc de Savoie, devenu Roi d'Italie, le cède à la France, en 1860. Nouveau département, auquel on ajoute l'arrondissement de Grasse, pris au Var. En serrant Monaco, ses 2 km<sup>2</sup>, ses 35 000 habitants, où règnent, depuis 1419, les Grimaldi.

## 1 – NICE ET ENVIRONS

Difficile d'imaginer que cette région, jadis partie du gigantesque continent hercynien a été immergée pendant plus de 100 Ma ! D'où, évidemment, d'importants sédiments, parfois fossilifères. Mais, à l'Oligocène, de -35 à -23 Ma, le plissement alpin a soulevé ces terrains, les faisant émerger.

Et créant des zones plus ou moins élevées. Des fleuves, nés en haute montagne, ont transporté des quantités d'alluvions, qui ont donné naissance, au Pliocène, à de vastes surfaces planes.

Ainsi, au cours du temps, est apparue une zone côtière, rocheuse à l'Est, de Nice à Menton, et plate entre Nice et Cagnes. Tandis qu'à l'intérieur, à l'Ouest, les zones de montagne sont traversées par les vallées du Var et de ses affluents. À l'Est, les vallées des Peillons coupent, elles aussi, des reliefs assez accentués. Puis l'homme est arrivé, nomade, vivant de chasse, pêche, cueillette. Séduit par un climat invitant à de longs séjours, il est devenu sédentaire, pratiquant agriculture et élevage. Ainsi que travail des peaux, de l'argile, des métaux, du bois... et aussi troc et commerce.

### De Nice à Menton

Côte rocheuse, aux multiples ports dans des abris naturels. Plages de sable rares, souvent artificielles. Et les ports de pêche, où s'activent encore quelques pêcheurs, sont devenus des ports de plaisance recevant maints bateaux. La rade de Villefranche-sur-Mer accueille, parfois, navires de guerre français ou étrangers. D'où une intense activité maritime.

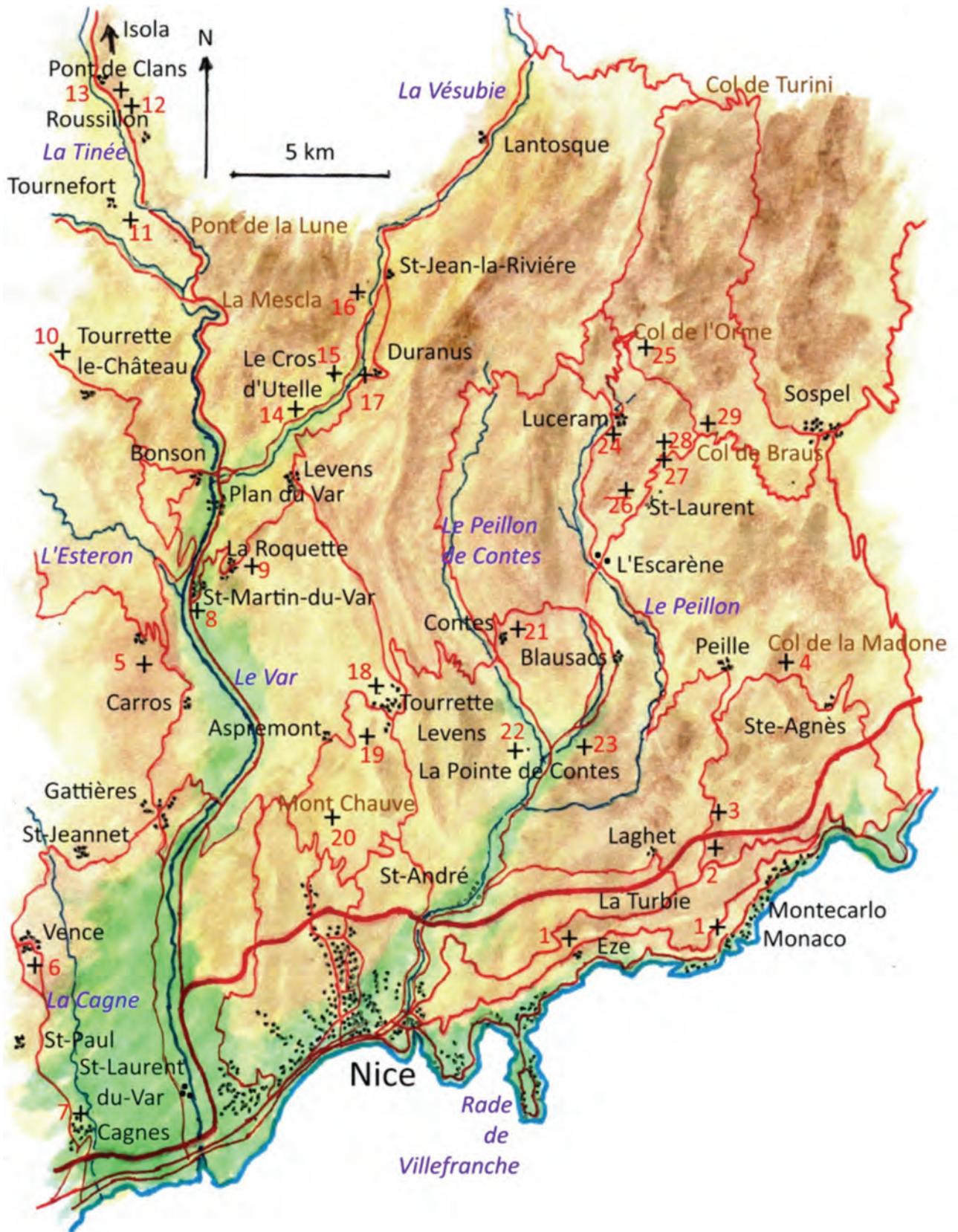
Trois routes relient Nice à Menton. L'une sinue sur la côte, en bord de mer. Les deux autres, celles des Corniches, la surplombent. Pas de sites à minéraux et peu de gîtes fossilifères. Jadis, peut-être. Mais l'expansion démographique, avec ses constructions, ses propriétés privées, a tout recouvert. Ou presque. Lors de travaux routiers surviennent de rares découvertes. Vers Eze et au nord de Monaco (1), des Ammonites ont été signalées : *Acanthoceras*, *Paraturrilites*...

De La Turbie, une route va vers Peille. Après le croisement avec la route stratégique du Mont Agel (2), des argiles bariolées et des couches de lignite ont livré des végétaux primaires : *Annularia*, *Calamites*. Plus loin (3), une carrière présente des calcaires argileux du Bajocien-Bathonien. Avant d'arriver à Peille, part, sur la droite, une route menant à Menton, en passant par le Col de la Madone (4). Là, les clairs calcaires du Crétacé et les argiles vertes offrent Gastéropodes, Bivalves, Oursins, attribués à l'Aptien. Puis, on passe à Sainte-Agnès avant une descente sinueuse vers la côte.

### De Nice à Cagnes

De Nice au Var, alternent plaines et collines, où des serres abritent bien des cultures dont celles des fleurs. Des villages, sur des éperons rocheux, dominant la vallée du Var. Au Nord de Carros (5), les calcaires des talus de la route renferment des Algues. Des marnes helvétiques peu fossilifères apparaissent à l'Ouest de Gattières. Au Sud de Vence (6), elles offrent une riche faune à Gastéropodes et Bivalves. Et, à quelques kilomètres de ce bourg, affleurent les traces d'éruption volcanique dans des terrains tertiaires.

De Nice, la N7 conduit à Cagnes. Prendre la direction du camping et là, emprunter, à gauche, le chemin menant, jadis, à une briqueterie. En face, s'ouvre l'ancienne carrière de la Combe (7), avec des marnes du Pliocène, riches en Gastéropodes et Bivalves.



## Le Var et ses affluents

Au Nord des plaines côtières, le Var coule dans une région accidentée, où il reçoit l'Esteron, la Vésubie, la Tinée. Au confluent Var et Esteron, à St-Martin-du-Var (8), les marnes pliocènes d'une carrière offrent Nummulites, Gastéropodes (*Turritella*, *Strombus*, *Conus*...), Bivalves et Dentalium. Ces mêmes marnes affleurent au Sud de la route sinueuse allant à La Roquette (9).

Au pont Charles-Albert, franchir le Var, prendre la route de Tournette-le-Château. À 200 m, à l'Ouest du village, elle passe entre les parois d'une tranchée (10). Sur la gauche, parking possible. Sur la droite, ravines. Ici, les tendres calcaires recèlent Nummulites, Bivalves (*Cardium*, *Ostrea*, *Pecten*...), Gastéropodes (*Turritella*, *Helix*...) et Coraux. Ont été trouvés, aussi, Nautilus, Oursins, Crabes, témoins d'un milieu littoral. Mais très, très fragiles.

La route d'Isola remonte la vallée de la Tinée, franchit la rivière au Pont de la Lune. Là, sont proches les marnes noires et ravinées de l'Aptien de Tournefort (11). Plus loin, au carrefour avec le chemin de Roussillon (12), les calcaires à Bélemnites précèdent des marnes à *Phylloceras*, *Lytoceras*, *Aconoceras*, *Dufrenoya*... Et, à Pont-de-Clans (13), une carrière a fourni *Paraturrilites*, *Anisoceras*.

De Plan du Var, suivre la vallée de la Vésubie. A 3 km, en rive droite, les calcaires oxfordiens dissimulent *Sowerbyceras*, *Phylloceras*, *Perisphinctes* (14), cachés dans un milieu ferruginisé, visible en falaise. L'Oxfordien continue au Cros d'Utelle (15), tandis qu'au pont avant St-Jean-la-Rivière (16), les calcaires bleu-gris de l'Albien côtoient des marnes aptiennes. En rive gauche, à Duranus, naguère, on a trouvé (17) de beaux scalénoèdres de calcite, ainsi que pyrite, orpiment, réalgar.

## Les Peillons

Au Nord de l'Autoroute, des collines escarpées bordent les vallées des divers Peillons et autres cours d'eau. Des routes sinueuses relient bourgs et villages. À Tournette-Levens (18), argiles et sables, restes d'un bassin fluvio-lacustre, ont livré, au Sud-Ouest, des végétaux ayant flotté. Puis les calcaires du Barrémien (19) cachent *Holcophylloceras*, *Pulchellia*, *Hemihoplites*... Et l'Hauterivien du Mont Chauve (20) dissimule d'autres Ammonites : *Acanthoceras*, *Lytoceras*...

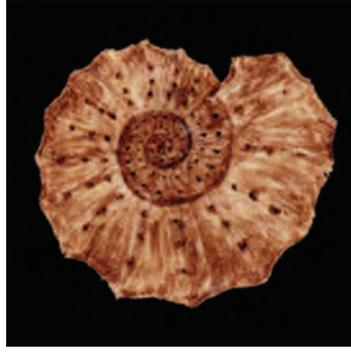
À Contes, le Crétacé touche l'Eocène. Vers le bourg (21), rares Ammonites. Tandis qu'à La Pointe de Contes (22), dans des calcaires bleutés, se cachent *Pachydiscus*, *Texanites*... et Bivalves tel Inocérame, Oursins comme *Gibbaster*, et Spongiaires. À 1 km environ, à l'Ouest de la route allant à Blausacs (23), les calcaires éocènes d'une carrière ont donné, jadis, des bois flottés, des Gastéropodes (*Turritella*, *Cerithium*, *Conus*, *Natica*...), des Bivalves (*Pecten*), des Polypiers.

En direction du Col de Turini, vers 1910, les travaux miniers de Luceram (24), dans des bandes de dolomite blanche, veinée en jaune par de l'arsenic, ont mis à jour des masses d'orpiment de plus de 30 kg, du soufre natif, et des rhomboèdres de calcite. De ce bourg, en allant vers Sospel, on passe par le Col de l'Orme (25). Là, après les marnes éocènes, les calcaires à Nummulites sont surmontés par des argiles très fossilifères à *Pecten*, *Turritella*, Moules et Polypiers.

De L'Escarène à Sospel, la route passe par St-Laurent (26). Rares Ammonites du Crétacé inférieur dans ses lacets. Puis nouvel horizon ferruginisé du Barrémien (27) à *Heteroceras*, et plus haut, marnes et calcaires aptiens (28) à Nautilus et *Chelinoceras*. Quant à la carrière du Col de Braus (29), elle a abrité, à l'Eocène, Nummulites, Gastéropodes, Bivalves, Polypiers.



*Acanthoceras*



*Paraturrilites*



*Texanites*



*Heteroceras*



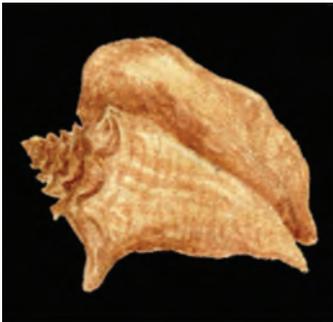
*Aspidoceras*



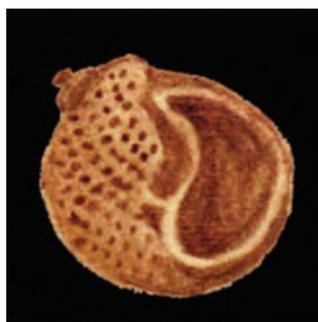
*Turritella*



*Cerithe*



*Strombus*



*Natica*



*Fusus*



*Cardium*

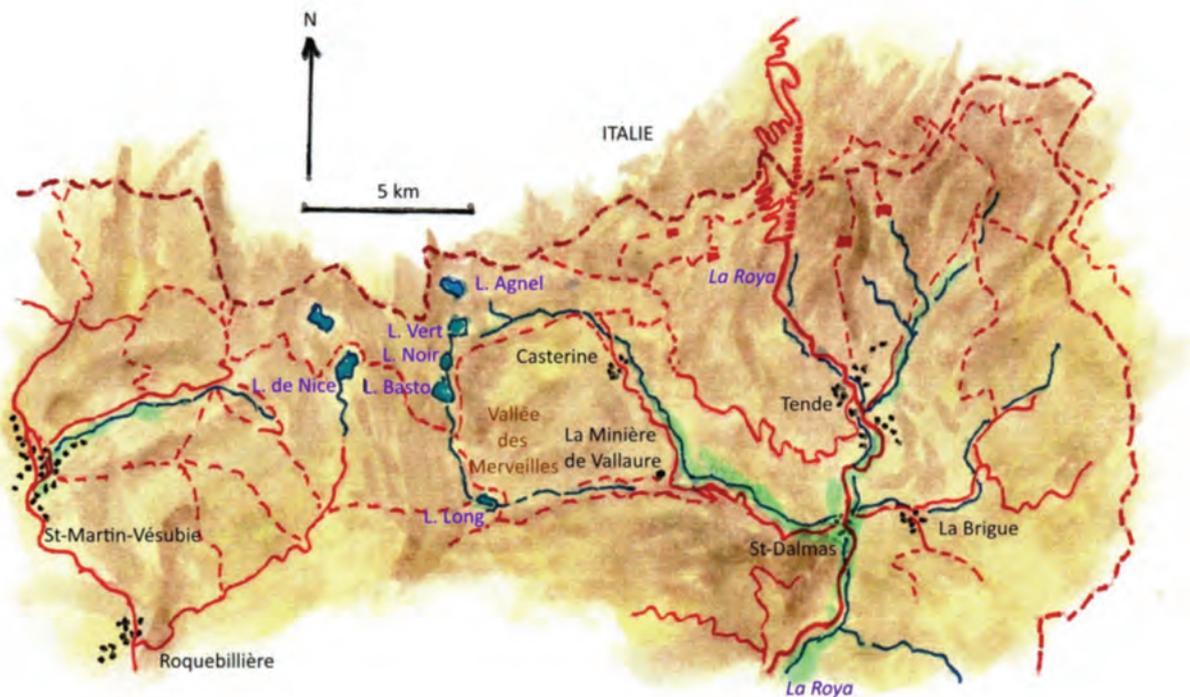


*Helix*



*Pecten*

## 2 – TENDE

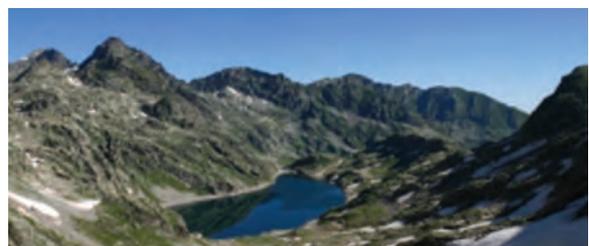


C'est la région accidentée du département, avec ses nombreux lacs, ses sommets s'élevant à près de 3 000 m qui dominent des « vachères ». Aux routes très rares, dans une zone frontière où demeurent encore quelques forts militaires. Mais offrant beaucoup de sentiers et de G.R.

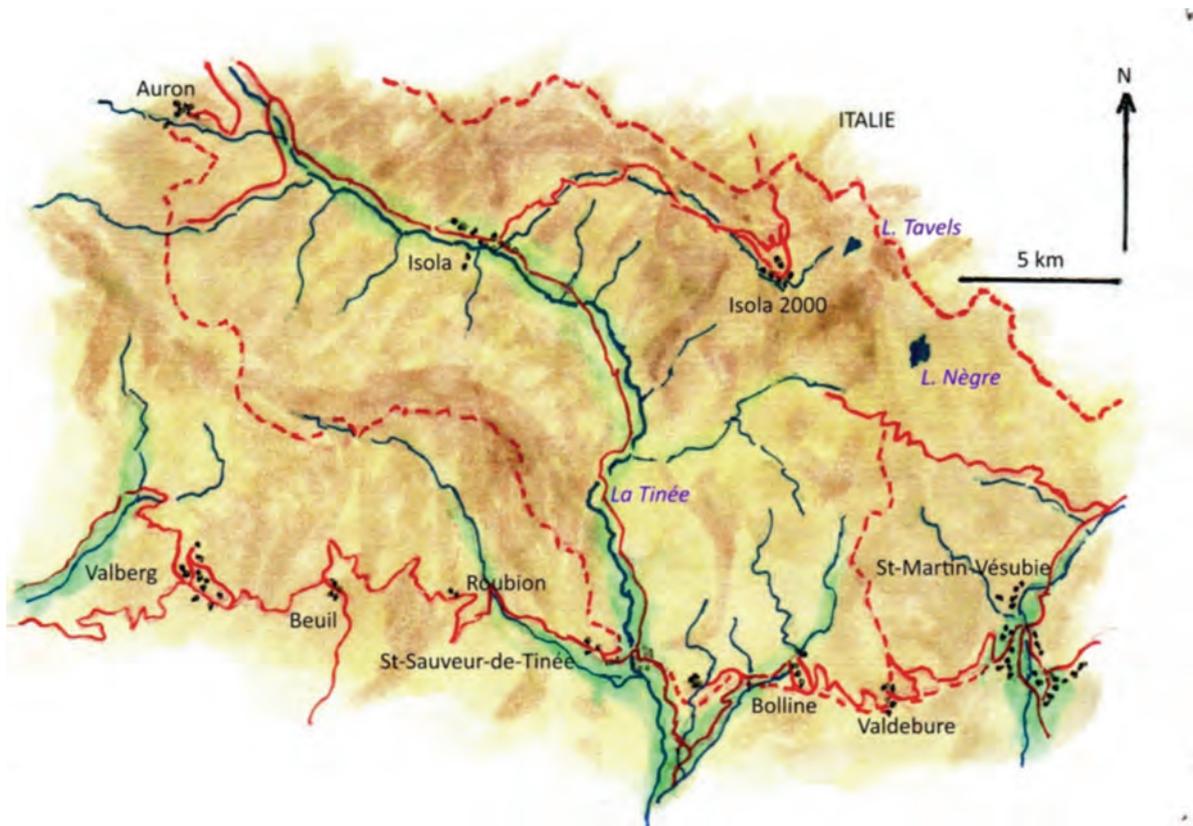
Venant de Nice, après maints détours et tunnels, le chemin de fer rejoint l'Italie, en passant encore dans un tunnel, près du Col de Tende. À ses côtés, un tunnel routier permet d'éviter les routes sinueuses et dangereuses de ce Col, fort utilisées naguère. Dans ces montagnes, naissent des torrents qui viennent alimenter la Roya, fleuve se jetant dans la Méditerranée, vers Vintimille.

À l'Ouest de Tende, partant de Saint-Dalmas, une route suit le vallon de la Minière, et conduit à un petit lac. Ici, jadis, les Sarrasins ont exploité un gisement de plomb et de zinc. Ils sont partis, mais l'exploitation a duré pendant longtemps... De là, un sentier mène au Lac Long, et en remontant au Nord, on parvient à la Vallée des Merveilles, où, les schistes, polis par les glaciers, s'ornent de pétroglyphes, gravures rupestres.

Puis, en longeant les lacs Bastos, Noir, Vert, le sentier remonte au Nord, emprunte le tracé du Ruisseau de Valmasque, pour rejoindre Casterine et La Minière. Randonnée pédestre qui permet d'admirer de splendides paysages.



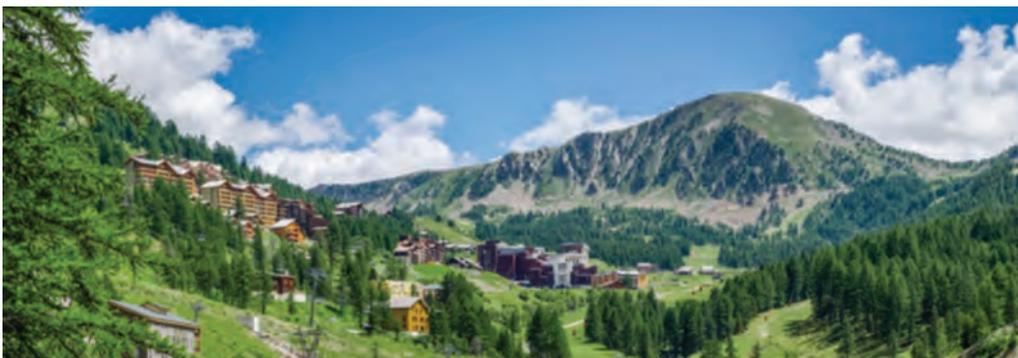
### 3 – PRES DE LA TINEE



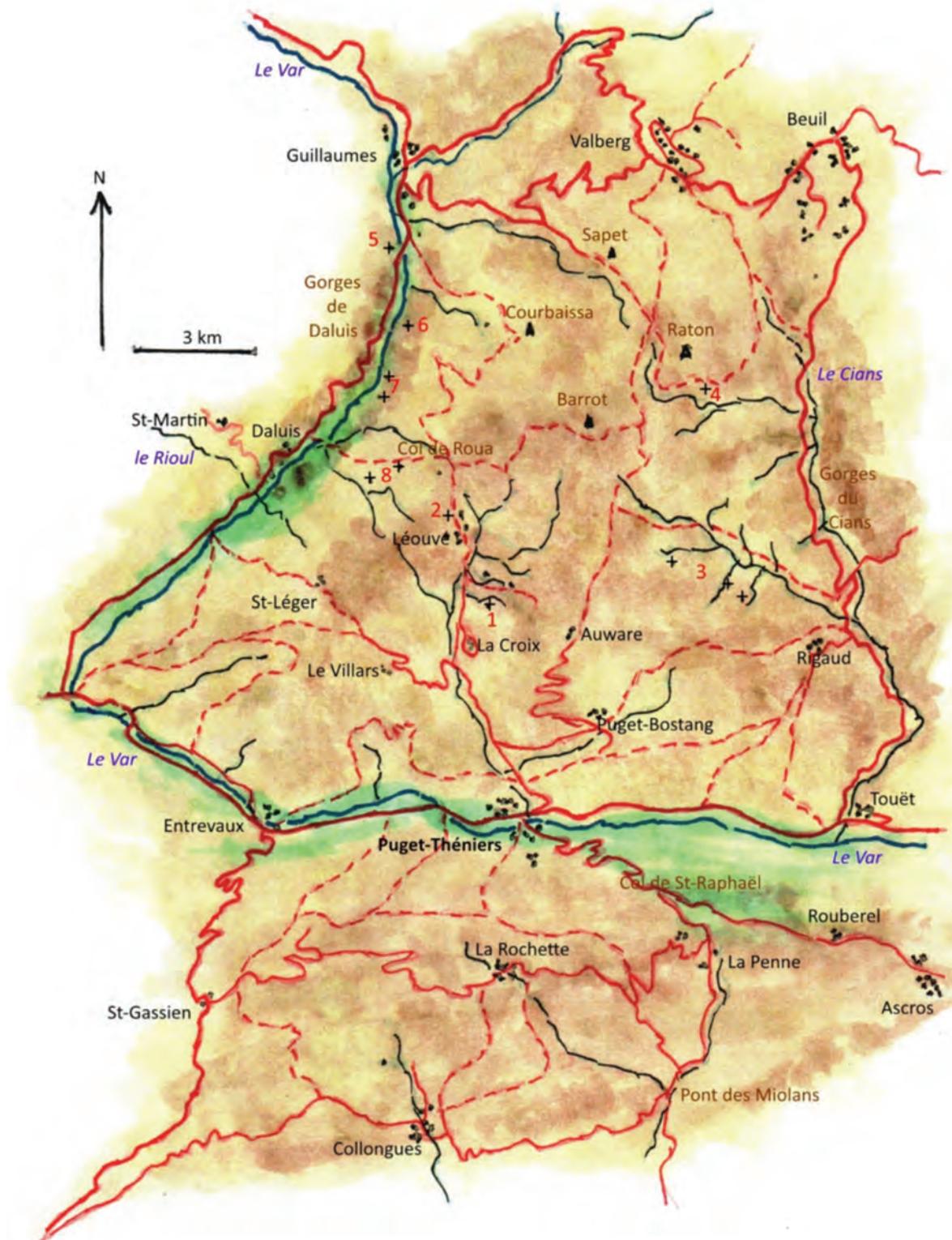
La poussée alpine, venant de l'Est, a créé, au Nord du département, des montagnes élevées et escarpées. Surtout sur le versant italien. Quant au versant français, il présente un relief moins accidenté, des pentes souvent plus douces. Avec, quand même, des sommets de plus de 2 000 m de hauteur, où naissent de nombreux torrents se jetant dans la Tinée.

Région peu fréquentée, où les rigueurs du climat n'ont pas favorisé un essor de la population. De rares routes suivent les cours d'eau et permettent d'atteindre des hameaux, des villages, et aussi, sur les pentes montagneuses, des « vacheries ». Ou encore, naguère, des exploitations de mines de cuivre, comme à Rimplas et à La Bolline.

Maintenant, c'est un refuge, pour fuir la vie agitée de la Côte, pour profiter d'un air plus pur, pour admirer de beaux paysages, pour entreprendre des excursions en suivant pistes et G.R. Des stations de repos, de calme, accueillent les amateurs. Et celles de sports d'hiver attendent les skieurs de toutes catégories ! Ainsi sont nés ou se sont développés les boudes de Varlberg, St-Martin-Vésubie, et surtout Isola et Isola 2 000.



## 4 – PUGET-THENIERS



Une activité minière, jadis fort importante, a laissé beaucoup de traces dans cette petite région, également fossilifère. Et qui présente des terrains très variés !

## Minéraux

Vers Puget-Théniers, le cuivre a été exploité soit dans les régions montagneuses, soit près du Var. Cuivre et minéraux courants (azurite, malachite, cuprite) voisinent avec d'autres moins fréquents (covellite, chalcocite, énergite) ou bien plus rares (luzonite, tyrolite, ténorite). Pyrite et goethite représentent le fer. Sites bien repérés, avec leurs coordonnées Lambert, dans Minéraux et Fossiles.

### La région montagneuse

#### 1 - Les Cerisiers

L'exploitation a laissé 5 000 m de galeries, partiellement éboulées, et des haldes, près du hameau de Léouvé. En contrebas des lacets de la route allant à ce hameau, un ancien chemin de mine monte, en serpentant, sur le versant gauche de la Roudoule et mène à plusieurs sites.

$$x = 964,45 \quad y = 199,00 \quad z = 950$$

Là, en plus des haldes, subsistent des galeries atteignant 800 et 1 000 m de long.

$$x = 964,45 \quad y = 198,70 \quad z = 920$$

Galerie s'ouvrant, plus au Sud, sur la rive droite d'un petit ruisseau.

$$x = 964,45 \quad y = 199,10 \quad z = 1\,050$$

Un chemin de desserte, sur le versant boisé, en rive gauche du vallon, conduit à la mine.

$$x = 965,50 \quad y = 199,05 \quad z = 1\,100$$

Suivre le bas de la falaise pour rejoindre le ravin de Figuières.

#### 2 - Léouvé

$$x = 963,06 \quad y = 199,73 \quad z = 1\,000$$

Remonter le lit du ruisseau, vers l'Ouest, pour trouver azurite, bornite, malachite, chalcocite.

#### 3 - Villaron

$$x = 968,00 \quad y = 199,57 \quad z = 1\,000$$

En partant d'Auware, 2 h. de marche mènent au Col de Pomegière. Eboulis dans pentes herbues.

En partant de Rigaud, remonter en rive droite, le torrent de Chanavelle. Encroûtements azurite.

#### 4 - Raton

$$x = 968,75 \quad y = 204,20 \quad z = 1\,725$$

Partir de Varlberg pour chercher azurite, chalcopryrite, cuprite, covellite, bornite.

### Vers le Var

#### 5 - Pont des Roberts

$$x = 962,05 \quad y = 207,17 \quad z = 790$$

À 1 500 m en aval de Guillaumes, anciennes galeries sur rive gauche du Var. Elles ont fourni bornite, chalcopryrite, antlérite, et effervescences de brochantite blanche.

#### 6 - Bancaïroun

$$x = 962,27 \quad y = 205,54 \quad z = 1\,030$$

À 1 h. de marche du Pont des Roberts, les galeries, situées à 10 mn vers Ouest, et en contrebas, ont permis de trouver azurite, malachite, cuivre gris et, plus rares, germanite et réniérite.

#### 7 - Clue de la Roua

$$x = 961,22 \quad y = 203,76 \quad z = 900 \text{ au N}$$

$$x = 961,05 \quad y = 203,40 \quad z = 900 \text{ au S}$$

Itinéraire dangereux, 3 h. de marche, pour chercher cuivre et argent natif.

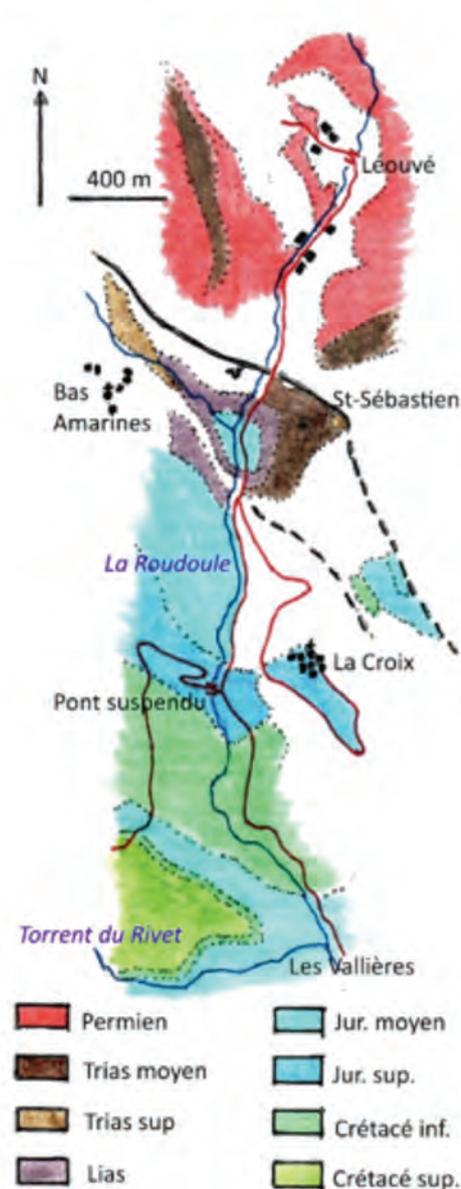
#### 8 - Hubac de Jourdan

$$x = 961,56 \quad y = 201,97 \quad z = 1\,100$$

Partant de Daluis, un sentier conduit au Col de la Roua. Dans les déblais, on peut découvrir cuivre, azurite, malachite.

## Fossiles

En venant de Nice, à 10 km environ de Puget-Théniers, au niveau du village de **Touët-sur-Var**, un éperon rocheux descend vers le fleuve, en rive droite. Là, longue série géologique, allant du Barrémien au Turonien. Quelques *Anisoceras* résident dans les grès verts de l'Albien. Puis, calcaires argileux et marnes du Crétacé supérieur offrent d'autres Ammonites : *Mantelliceras*, *Sowerbyceras*.



En arrivant à **Puget-Théniers**, suivre la route de Digne et prendre, à droite, le chemin menant au Camping. Dans un accident du terrain, les calcaires à *Nummulites* supportent des termes argilo-sableux, de teinte bleutée, à Polypiers et à Bivalves. Ensuite, revenir au bourg et emprunter la route remontant la **Vallée de la Roudoule**. Utilisée aussi pour aller chercher des minéraux !

D'abord, elle recoupe une falaise de calcaires à *Nummulites*. Plus loin, au deuxième petit pont, le Ravin des Aubrics dissimule quelques Ammonites (*Texanites*), des Echinodermes (*Echinocorys*, *Micraster*). Plus au Nord, la route longe le Crétacé supérieur aux rares *Peroniceras*.

Au nord du village abandonné de Vallières, le Torrent de Rivet voit affleurer les marnes noires de l'Aptien-Albien à riche faune pyriteuse (*Phylloceras*, *Dufrenoya*...). Dans les grès verts, se cachent des Belemnites et des Ammonites (*Anisoceras*, *Puzosia*). Et la partie argileuse, en fin de l'Albien, a livré *Paraturrilites*, *Moutoniceras*, ...

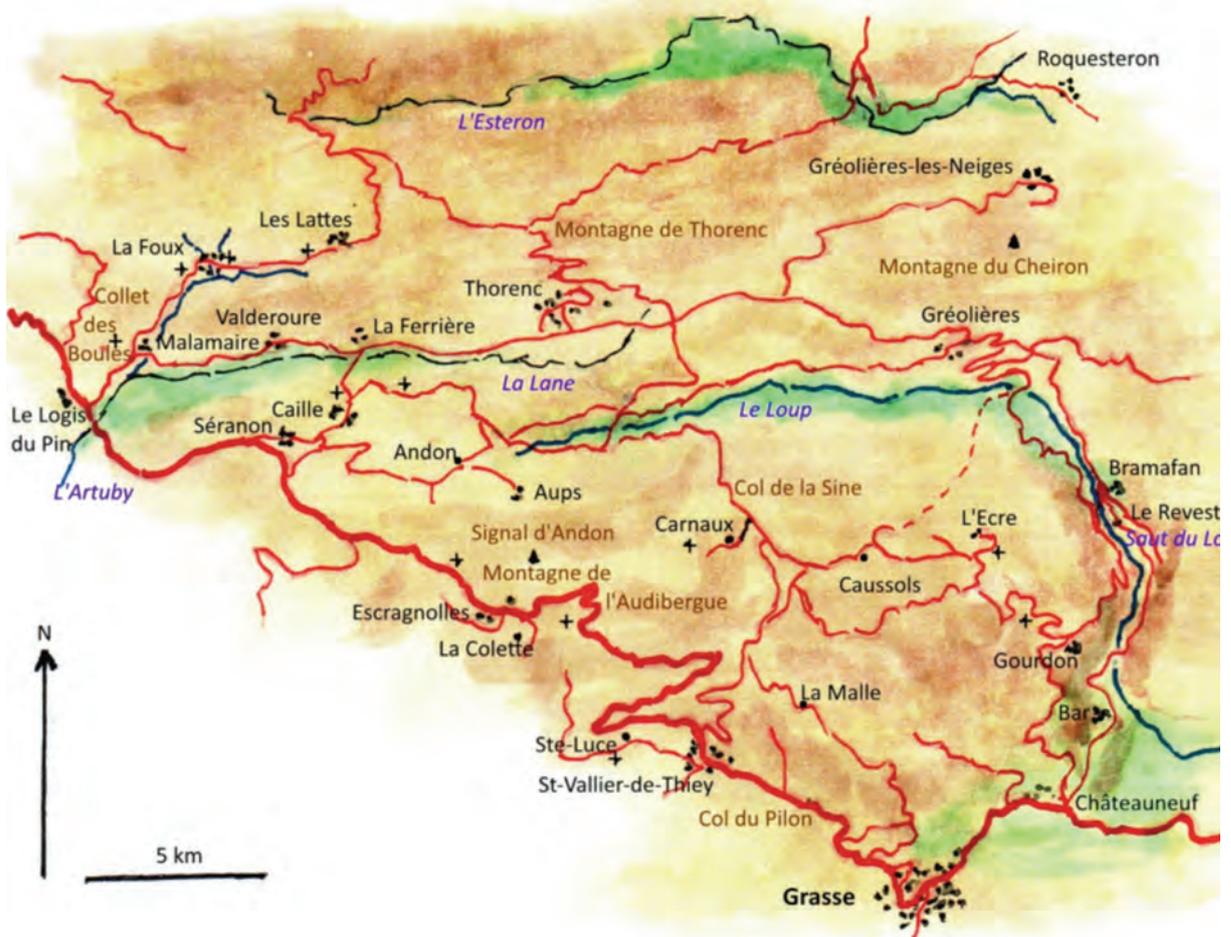
Peu avant le pont suspendu, les calcaires blancs du Crétacé inférieur recèlent *Holcodiscus*, en bas, et *Beriasella*, au centre. Tandis qu'après le pont, les calcaires argileux et gris du Jurassique offrent une abondante faune pyritisée avec *Perisphinctes*, *Sowerbyceras*, *Tarmelliceras*, ainsi que des nodules de pyrite.

Au Nord du hameau de La Croix, vers la Chapelle St-Sébastien, des Gryphées ornent des calcaires gris du Sinémurien. Une petite carrière, assez proche du Ravin des Amarines, montre Bivalves et Gastéropodes. Et, au Nord, près du hameau de Léouvé, place au Permien primaire avec ses rhyolithes volcaniques et ses galets de basalte et d'andésite.

Au Sud de Puget-Théniers, en partant du village d'Ascros, édifié sur des calcaires nummulitiques, la route en montre de nombreux affleurements entre Rouberel et le **Col de St-Raphaël**. Au Col, les marnes aptiennes renferment de grandes Belemnites (*Hibulites*). De là, aller au Sud. À 400 m de **La Penne**, sont fréquents les calcaires à *Nummulites*. Qui précèdent des calcaires roux du Crétacé supérieur, à Bivalves (*Ostrea*, *Pecten*, *Solen*...) et Gastéropodes (*Turritella*).

Au croisement entre la route de La Rochette et celle venant de La Penne, vers le **Pont des Miolans**, les calcaires argilo-sableux jaunâtres proposent une faune riche en Bivalves (*Ostrea*, *Chlamys*, *Spondylus*, *Cardita*...), Gastéropodes (*Conus*, *Tritonium*, *Ampullina*...), Echinodermes (*Echinolampas*, *Echinanthus*, ...) et Polypiers (*Pattalophyllia*).

## 5 – GRASSE



Le lieu-dit « Le Logis-du-Pin » est un lieu de rencontre entre trois départements : les Alpes-de-Haute-Provence, les Alpes-Maritimes, le Var. La Réserve Géologique de Haute-Provence, elle, concerne surtout le premier. Dans celui du Var, elle n'en recouvre qu'une petite partie. Et elle n'affecte pas celui des Alpes-Maritimes.

Partant du Logis-du-Pin, la route conduisant à Puget-Théniers frôle, vers Malamaire, des sites fossilifères. À 3 km environ, un petit pont franchit un torrent venu de l'Ouest. De là, en remontant son lit, on arrive au Collet des Boules où repose une riche faune hauterivienne. Ensuite, la route passe à La Foux où naît l'Artuby. Près de ce village, de belles empreintes ornent le lit des torrents. Puis, à 5 km, avant d'arriver aux Lattes, elle recoupe des arrachements marneux où le Crétacé offre diverses Ammonites : d'abord des *Anisoceras* de la fin du Crétacé inférieur ; et, ensuite, des *Submantelliceras*, des *Acanthoceras* et des *Calycoceras* du Crétacé supérieur.

Pour atteindre Caille et son Altisurface, on peut revenir à Malamaire, prendre la route de Thorenc, la quitter après Valderoure, à La Ferrière. On peut, aussi, partir de la N 85, et passer par Séranon. Au Nord de Caille, le Crétacé inférieur est présent dans les marnes noires bordant la route, ou dans les calcaires barrémiens proches (*Ancyloceras*). Vers l'Est, en allant vers Andon, les marno-calcaires jaunâtres du Crétacé supérieur dissimulent des *Acanthoceras*. Depuis Andon, aller à la station de ski d'Aups et gagner (à pied, en remonte-pente...) le Signal d'Andon d'où on peut observer la Montagne de l'Audibergue et le Plateau de Caussols, bien dénudés, peu habités. La commune de Caussols est formée par maisons et hameaux dispersés sur son vaste territoire.

Le village d'Escragnolles, sur la Route Napoléon, a livré de belles Ammonites. À 800 m au Nord-Est, des affleurements au Nord de la route en recèlent de nombreuses et de bonne taille. Et surtout au Sud, à La Colette-de-Clars, en descendant dans le bois, par un petit chemin. Ammonites datées, en majorité, de l'Albien : *Desmoceras*, *Hoplites*, *Dipoloceras*, *Lyelliceras*... Et également de l'Hauterivien : *Pseudohelicoceras*, *Leopoldia*.

La Route Napoléon descend vers St-Vallier-de-Thiery. Au Col du Pilon, une petite route se dirige vers le Nord, atteint une zone où s'élèvent des chataigniers. C'est un pointement volcanique, attribué au Miocène, à andésite et labradorite. On retrouve, aussi, des traces volcaniques, au départ du chemin menant au château de Malle.

À St-Vallier, une petite route conduit à Ste-Luce, où les calcaires gris de l'Eocène offrent un refuge à de grands Gastéropodes (*Cerithium*). À 500 m, au Nord, part le chemin du Plateau de Caussols. Celui-ci s'étale sur 7 km d'Ouest en Est, et sur 3 km du Nord au Sud. Au Nord, s'élèvent de petites collines, puis vient une zone presque déserte allant jusqu'au Loup.

Du Col de la Sine, se diriger vers le village de Carnaux. Le traverser, continuer sur 1 km, jusqu'à un ruisseau, où les marnes du Crétacé cachent Ammonites (*Acanthoceras*), Belemnites (*Duvalia*), Echinodermes (*Toxaster*). Ensuite, revenir au Col de la Sine, redescendre vers St-Vallier. À 1 km du Col, un pont permet de franchir un ruisseau. Vers l'amont, la base du Crétacé offre de grandes Ammonites (*Acanthoceras*), tandis que les marnes renferment des Belemnites.

Au Sud-Est, le chemin, menant à L'Ecre, présente, au Nord, des affleurements marneux à Ammonites et Bivalves. Près d'un hameau, au Sud des maisons, le lit d'un autre ruisseau accueille Nautilus et Ammonites. Et, à l'extrémité du plateau, le hameau de L'Ecre a, lui aussi, son petit ruisseau. Dans son lit, se trouvent des Bivalves de l'Aptien et de l'Albien. Et plus haut, dans des marno-calcaires bleuâtres, gisent *Acanthoceras*, *Calycoceras*, ...

Redescendre vers Gourdon, en restant en rive droite du Loup. 500 m avant d'arriver au village, un ruisseau, souvent à sec, offre de nombreux fossiles, en particulier à l'Ouest, dans des marnes bleues de l'Albien, riches en Ammonites, Bivalves, Oursins. Pour terminer, remonter à Bramafan, aller au Revest, et, après un tunnel, admirer le Saut du Loup. Puis, passer un second tunnel et redescendre sur Grasse par les Gorges du Loup.

Grasse, cité ancienne, au passé médiéval agité, est la seule grande ville à l'intérieur des Alpes- Maritimes, avec quelques 45 000 habitants. Dans les environs, la culture intensive de fleurs (violette, jonquille, tubéreuse...) a amené la création d'entreprises produisant des essences pour parfums, qui retracent l'histoire du développement de cette industrie. Industrie qui a fait la renommée de la ville de Grasse.



La ligne frontière entre ces deux départements est un tracé cartographique venant de la présence du Comté de Nice, Comté lié au Royaume de Savoie, sous l'œil très attentif de l'Empereur d'Autriche. Les habitants de cette région ont vu défiler beaucoup d'uniformes militaires différents. Après les légions romaines bien ordonnées, arrivèrent les hordes peu disciplinées des tribus barbares.

Puis, zone convoitée par Français et Germains, après la mort de Lothaire, un des trois fils de Charlemagne. Et aussi par les Arabes, déjà bien installés en Espagne. Région qui va rester, bien longtemps, rattachée au Saint-Empire Romain Germanique, rival de la France. À cette époque, il y avait de nombreuses provinces, changeant de seigneur selon guerres, mariages, héritages, achats. Ce n'est qu'à la fin du xv<sup>e</sup> siècle que la Provence deviendra française. Mais pas le Comté de Nice.

Peu de grandes villes à cette époque. La population côtière grandira dès le xix<sup>e</sup> siècle, d'abord avec de riches étrangers, Anglais et Russes en majorité, attirés par le climat et par... le Casino de Montecarlo ! Plus tard viendra une explosion démographique, liée aux nouvelles techniques de communications, d'industries, qui va s'intensifier au xx<sup>e</sup> siècle, avec une activité touristique et commerciale de plus en plus importante, accroissant énormément, en été, la population des villes... Villes qui, en hiver, perdront leur animation, et seront, souvent, un peu tristes.

Au nord, hautes montagnes peu habitées, rares villes et climat très rude. Mais zone frontière, d'où la présence de nombreux forts, parfois anciens, comme celui de Puget-Théniers, érigé par Vauban. Car sous le règne de Louis XIV, cette bourgade, à présent à plus de 50 km de l'Italie, n'était qu'à 20 km du Comté de Nice. Époque où les rivalités entre France et Autriche, par suite Savoie et Nice, étaient fréquentes.

Au Sud, zone côtière, bordée de crêtes aux pentes rudes où des villages haut perchés, comme Vence, Eze, etc... permettaient de se défendre lors des incursions des pirates barbaresques. Zone qui a vu, aussi, passer les armées françaises de la Révolution et le général Bonaparte. En bord de mer, les ports de pêche de naguère sont devenus ports de plaisance, créant ainsi une forte activité maritime. Bien active pendant les hivers doux pour préparer les navires à leur utilisation estivale. Zone qui accueille de nombreux retraités, venus profiter du climat et de l'ambiance provençale.

Réserves géologiques et Parcs nationaux conservent, hors de portée des prédateurs humains, des traces d'une intense vie marine au Secondaire. Vie qui se retrouve dans les Musées de la région, à Digne, Castellane, etc... Et le tourisme offre paysages, excursions, activités diverses. À ne pas négliger !



---

# **Fête anniversaire des 40 ans de la Section Géo-Paléo : 28 septembre 2019 au Domaine des Communes à Grave sur Anse**

---

par Jean ARBAULT  
et  
Jean-Pierre CLOCHER

La Section a quarante ans. Ce fut célébré comme il se doit, le 28 septembre, dans un cadre chaleureux (la cave bellement voûtée du Domaine des Communes à Grave sur Anse), dans la gastronomie et la bonne humeur, ponctuées par des animations « comme au bon vieux temps » (sketches, jeux, chansons...), et une projection en boucle d'images évoquant l'histoire de ces quarante ans (une brochure a également été éditée). Les animateurs (Patricia GIRAUDON, Michel GOUTTENOIRE, Fabien GUIRAUD, Bernard MORETEAU, Michel et Monique MOULARD, Laurent NEYTON, Jean-Pierre RANDINI), assistés d'un peu tout le monde et notamment des membres actifs, voire honoraires, du bureau, avaient tenu à perpétuer la tradition. Un certain nombre d'anciens nous avaient rejoints pour l'occasion, et la présence de Monsieur Patrick DEBAVELAERE, actuel directeur de l'usine Lafarge, témoignait de l'estime de l'entreprise pour la Section.

La célébration fut bien sûr l'occasion de savourer le lyrisme de nos orateurs, Jean ARBAULT pour la Section et Jean-Pierre CLOCHER pour l'Association.



## Jean ARBAULT :

« Comment fêter ces 40 ans d'histoire de la Section Géo-Paléo ? Pour les premiers membres de cette Section, c'est la nostalgie qui l'emporte car à cette époque ce n'était pas l'arthrose qui les handicapait lors des recherches en carrière ! À les écouter, les ammonites étaient plus grosses, plus belles et plus nombreuses qu'aujourd'hui !



40 ans, c'est plus qu'une génération d'individus et pour preuve, c'est que des enfants des premiers membres devenus adultes aujourd'hui, s'inscrivent à leur tour à la Section en souhaitant faire perdurer l'esprit de cette Section.

Donc, pour cet anniversaire, rien de particulier sinon une rétrospective de la vie de la Section durant ces 40 dernières années. Jean-Pierre PRANDINI, notre rédacteur en chef de *La Spirale* s'est attelé à cette tâche avec l'aide des archives et de Marc DUPOIZAT, indispensable responsable de la cellule « Poussière et Développement ». Le résultat est à découvrir dans le livret qui vous sera remis. Fabien GUIRAUD et Laurent NEYTON se sont attachés quant à eux, aux souvenirs visuels, toujours avec l'aide de Marc DUPOIZAT, et nous ont concocté un montage vidéo retraçant la vie de la Section durant ces 40 années. Cette vidéo passera en boucle durant l'après-midi et des copies pourront être réalisées pour ceux qui le souhaitent.

Bernard MORETEAU, Michel GOUTTENOIRE, Jean-Pierre PRANDINI et Patricia GIRAUDON à travers différents sketches plein d'humour burlesque voire décapant, nous feront revivre les grands moments de la Section.

En relisant moi aussi des archives de la Section, je suis tombé sur « un mot » du président de 1985 Jacques IGOLEN qui rappelait le rôle de la Section à savoir :

- la sauvegarde du patrimoine géologique local ;
- la création d'une collection de référence propre à la carrière de Belmont ;
- donner une information culturelle au niveau régional ;
- conforter les connaissances paléontologiques pour l'ensemble des membres ;
- aider les instances scientifiques dans leurs différentes recherches.

Aujourd'hui, lorsque l'on fait le bilan du travail réalisé, on constate que bien des objectifs de cette époque ont été réalisés ou sont en passe de l'être.

Par contre, Jacques IGOLEN dès 1985 constatait déjà « un manque d'enthousiasme à poursuivre notre but » et il concluait par « si donc des membres de la Section ne se sentent pas concernés et s'ils sont rentrés à la Section que pour leur satisfaction personnelle, je ne vois pas la nécessité de rester au sein de notre Section ». Ce constat de 1985 est toujours de mise aujourd'hui.

Les objectifs premiers de la Section ont été réalisés grâce au travail considérable et à la volonté de quelques uns dont Jacques IGOLEN, le premier président de la Section, Marc DUPOIZAT qui lui succéda, Paul CHAVEROT, secrétaire pendant presque 30 ans, Georges MERMIN et d'autres membres de Lafarge, et de membres extérieurs comme Jean SANTAILLER, Nello ANDREONI, Yves JACQUET mais surtout Louis RULLEAU qui par ses travaux scientifiques a permis à la carrière de Belmont et par ricochet à la Section Géo-Paléo d'avoir une belle renommée au niveau français et européen.

Louis venait comme d'autres à la carrière avant la création de la Section car il avait entrepris une étude sur les Grammoceratinae de la région de Lyon sous la direction de Serge ELMI au Centre des Sciences de la Terre de l'Université Claude Bernard de Lyon 1. Dès la création de la Section par quelques employés de la cimenterie, Louis fut intégré à cette Section et avec l'aide des universitaires lyonnais les richesses paléontologiques de la carrière purent ainsi être mises en valeur.

C'est également grâce à Louis appuyé par l'ensemble des membres de la Section qu'a été réalisé l'Espace Pierres Folles, largement sponsorisé par Lafarge Ciments.

Louis poursuit inlassablement son travail et dans quelques mois paraîtra un nouvel opus sur les *Pleydellia* avant un autre ouvrage sur le stratotype du Toarcien !

Louis est donc « la » référence scientifique de la Section et c'est grâce à la qualité de ses ouvrages que la Section Géo-Paléo a acquis une telle renommée ! Nous reparlerons de Louis plus tard dans la soirée.

Pour clore cette évocation des 40 années passées, je crois que de l'avis général des membres actuels ou anciens, ce qui a été le plus apprécié durant cette longue période, c'est l'ambiance extrêmement conviviale qui règne au sein de notre association .

En effet, cette Section est un cas unique car il est peu voire pas fréquent que des personnels extérieurs à une entreprise puissent intégrer une entité d'un comité d'établissement. C'est cette appartenance au CE de la cimenterie Lafarge qui a lié les membres car il n'y a jamais eu de querelles d'égo ni de calife qui voulait devenir calife à la place du calife comme on le constate dans beaucoup d'associations équivalentes. Chaque membre sait ce qu'il doit à la cimenterie Lafarge de pouvoir venir chercher des fossiles dans la carrière et chacun souhaite que cette situation perdure le plus longtemps possible !



Assez parlé du passé. Passons à l'avenir. Certains de nos projets n'ont pas encore abouti et du travail reste à accomplir, en particulier en ce qui concerne la protection et la sauvegarde de la coupe de référence ; de même, la numérisation de la collection de référence dont nous avons la charge au musée de Pierres Folles a à peine débuté même si Henri DARMAILLACQ a déjà réalisé l'ensemble des photos des spécimens du Toarcien. C'est un travail remarquable qui sera complété à l'automne par les photographies des spécimens de l'Aalénien et du Bajocien. Merci Henri pour ton investissement dans ce projet.

Le projet d'agrandissement du musée de Pierres Folles est sur les rails mais on ignore encore quel sera son contenu et l'avenir de cette collection de référence. Nous serons, semble-t-il, associés au contenu paléontologique du musée mais il faudra rester vigilant quant au devenir de cette collection qui n'a pas d'équivalent en région Rhône-Alpes-Auvergne !

Ce musée présente depuis plus de 20 ans l'ensemble des fossiles trouvés dans la carrière de Belmont et notre politique d'organiser des expositions de fossiles les premières années d'existence

de la Section n'avait plus lieu d'être. Si le musée n'expose plus ou très peu les fossiles de la carrière, il faudra reprendre nos anciennes pratiques d'exposition de fossiles dans les localités environnantes voire dans les écoles ou collèges.

Pour terminer, je dirai que ces 40 années de fonctionnement de la Section n'ont été possibles que grâce au soutien de la cimenterie Lafarge du Val d'Azergues et notamment de ses différents directeurs avec qui nous avons toujours eu d'excellentes relations. Qu'ils en soient tous chaleureusement remerciés.

Ces dernières années, pour des raisons administratives, nous avons dû créer l'Association Géo-Paléo de la carrière Lafarge de Belmont d'Azergues et son président va nous dire quelques mots. Profitez bien de cet anniversaire des 40 ans et bon appétit à tous. »

### Jean-Pierre CLOCHER :

« On ne peut s'empêcher de vieillir mais on n'est pas obligé de devenir vieux. »

Fêter un anniversaire est un moment privilégié pour faire revivre un passé riche de souvenirs, de rencontres, de réalisations comme l'a été celui de la section.

Fêter cet anniversaire avant tout est l'occasion de remercier l'entreprise Lafarge, ce nom auquel il est aujourd'hui nécessaire d'accoler celui d'Holcim.



Merci donc à cette entreprise pour ce qu'elle nous a permis de construire.

Putain 40 ans !!! 40 ans déjà !!!  
Ce qui nous reste de tout ce temps, ce sont des souvenirs, des copains, des objets fossiles.

Mais je ne puis m'empêcher de penser que chacun d'entre nous a besoin, pour vivre, de donner du sens à ce que nous avons fait ensemble, au sein de la section/association aujourd'hui.

Comment notre vie a-t-elle été nourrie de notre participation à la vie collective de la section ?

Comment la satisfaction et la fierté ressenties dans l'accomplissement de ce travail ont-elles contribué à affirmer nos identités personnelles ?

Chaque membre de la section qui a traversé ce temps répond à sa manière à ces questions. C'est dans la manière dont peuvent converger ces réponses personnelles que se dessine le sens de l'existence de la section. « Signification », « Direction », « Sentiments » sont implicites dans le mot sens.

L'histoire de la section est notre passé, ce passé nous projette dans le futur.

Vieillir ne nous oblige pas à devenir vieux,

Devenir vieux ce serait vieillir replié sur les caisses de fossiles, jaloux des trésors des autres...

Devenir vieux ce serait n'avoir qu'un seul plaisir, l'accumulation compulsive des fossiles.

Devenir vieux ce serait nous exonérer du partage, de la collaboration.

Devenir vieux ce serait perdre la mémoire et oublier les finalités de la section et de l'association.

Restons jeunes, continuons le chemin que nous ont tracé les anciens.

Même si l'héritage est lourd, faisons-le fructifier et, comme les enfants du laboureur, creusons ensemble, il reste encore beaucoup de découvertes à faire.

Bon anniversaire à nous ! »

**Cette célébration des « 40 ans » fut aussi le contexte le mieux approprié pour que la Section-Association témoigne sa reconnaissance à Louis RULLEAU, par la voix de Jean ARBAULT :**

« Mon cher Louis,

J'ai dit précédemment tout ce que la renommée de la Section te devait.

Je rappelle que tu as soutenu ta thèse sur les Grammocerotinae le 3 novembre 1989 à l'université Claude Bernard - Lyon 1, devant un parterre d'éminents spécialistes dont je rappelle les noms : ENAY, ATROPS, ELMI, GABILLY, l'Abbé MOUTERDE et Emile RIGO alors directeur de la cimenterie de Val d'Azergues et qui m'a avoué que c'était la première fois qu'il était membre d'un jury de thèse ! Quelques jours auparavant, le 7 octobre 1989, tu avais soutenu également une thèse à l'Université de Lozanne, Département Géologie et Paléontologie de Belmont pour obtenir le titre de docteur en Pseudogrammocerotologie lors d'une « classe verte » sur le chemin de Saint Prix dans l'Allier, dont le jury était constitué de Roger GAZEAU, Jean-Pierre PRANDINI et Marc DUPOIZAT. Au dire des participants, ce fut une bonne partie de rigolade !

Sur ta lancée, tu as publié de nombreux ouvrages liés à la géologie et paléontologie de la région lyonnaise et dernièrement, est sorti un article intitulé « révision de la sous-famille des Mercaticerotinae du Toarcien de la province NW européen » que tu as cosigné avec Romain JATTIOT des universités de Zurich et Dijon. Tu es infatigable malgré tes problèmes de vue et d'autres ouvrages devraient être publiés prochainement en collaboration avec Pierre LACROIX, ici présent.

En 2013, l'Association Française de Paléontologie t'a remis le prix Saporta récompensant un nom universitaire pour sa contribution à la Paléontologie. C'est la reconnaissance de l'ensemble des universitaires pour tes travaux sur les faunes fossiles du Jurassique de la région lyonnaise.

Il était donc tout à fait naturel que la Section Géo-Paléo s'associe à cette reconnaissance et te remercie pour le travail réalisé en t'offrant un ordinateur qui te permettra de continuer ton œuvre paléontologique. D'ici quelques temps, nous irons chez toi pour t'installer ce nouvel ordinateur plus puissant que l'ancien et mieux adapté à tes problèmes de vue.

Merci encore Louis pour ton implication dans la Section durant ces 40 ans. »

## Michel et Monique MOULARD (Sur l'air de « La ballade des gens heureux ») :

- 1- Notre vieille terre sous nos sandales  
Cache des trésors merveilleux  
On va vous chanter la ballade  
La ballade des caillouteux
- 2- Chaque sortie hebdomadaire  
Tête baissée comme un puni  
Le caillouteux scrute la terre  
Les mains tapotant ses outils
- 3- Doigts matraqués par la massette  
Face criblée par maints éclats  
Dos cuit sous le poids des cagettes  
Le caillouteux sourit béat
- 4- Labours ou constructions de routes  
Carrières ou rivières sans eaux  
Autant d'endroits où qui cailloute  
Peut trouver fossiles ou cristaux
- 5- Fréquenteur des bourses d'échange  
Où se troquent de beaux cailloux  
Où bons trucs et idées s'échangent  
Le caillouteux se voit partout
- 6- Couvant du regard les trouvailles  
Qu'il a peu à peu amassées  
Le caillouteux sans qu'il s'en aille  
Voyage dans le monde entier.



# Revue de presse

L'Est Républicain,  
5 avril 2019

**Un fossile de baleine à quatre pattes découvert**  
Des paléontologues ont découvert sur la côte du Pérou le fossile bien conservé d'un ancêtre amphibie quadrupède des baleines, ce qui complète les connaissances sur la transition de ces mammifères de la terre ferme aux océans. Le nouveau spécimen, décrit dans une étude publiée jeudi dans la revue *Current Biology*, date de 42,6 millions d'années et complète le tableau de l'évolution des cétacés. Il se trouvait à un kilomètre de la côte Pacifique, à Playa Media Luna, à 250 km au sud de Lima. D'après son anatomie, les chercheurs croient que ce cétacé d'environ quatre mètres de longueur pouvait à la fois marcher et nager. Les chercheurs formulent l'hypothèse qu'il a sans doute traversé l'Atlantique entre la côte ouest de l'Afrique et l'Amérique du Sud.



Photo Alberto GENNARI/AFP.

Le Progrès, 19 mai 2019

## Comment les dinosaures s'occupaient-ils de leurs œufs ?

**Certains les couvaient comme des poules, d'autres fabriquaient peut-être des monticules pour les tenir au chaud. Explications avec Romain Amiot.**

**P**rendre un œuf et le protéger, c'est difficile. Toutes les poules vous le diront. Il y a 70 millions d'années, les dinosaures aussi en ont certainement bavé. Compte tenu de leur masse corporelle, de leur répartition géographique et de leur physiologie, comment s'y prenaient-ils ? A partir de coquilles fossilisées, contenant parfois des embryons, Romain Amiot cherche à déterminer les stratégies de ces animaux fascinants.

L'analyse géochimique d'œufs fossilisés découverts en Chine a fait progresser les connaissances sur une espèce d'oviraptorosaures, de la taille d'une autruche. En effet, la composition isotopique de l'oxygène des coquilles et os d'embryons apporte des informations sur le mode d'incubation, notamment la température. Elle témoigne aussi de la composition de l'eau bue par l'animal et du climat de son lieu de vie. D'après ces indices, « les oviraptorosaures couvaient leurs œufs avec leurs corps, à l'instar des oiseaux d'aujourd'hui » indique le paléontologue.

Certains dinosaures se comportaient donc comme des poules, voire des papas poules. Un squelette probablement mâle d'oviraptorosaure, trouvé au-dessus d'un nid, soutient cette hypothèse. Comme certains oiseaux, ils avaient donc peut-être un comportement de couple, afin de se nourrir tout en protégeant leur future progéniture des prédateurs, pendant la période d'incubation. « Celle-ci durait un à trois mois » estime Romain Amiot. Ces œufs étaient pondus par paire car les dinosaures possédaient deux canaux de fabrique. Les oiseaux en ont perdu un sur la route de l'évolution, sans doute pour s'alléger et voler.

### Une technique pratiquée par certains crocodiles

D'autres dinosaures privilégiaient peut-être une autre technique que la couvaison, pratiquée aujourd'hui par certains crocodiles: enterrer les œufs sous un monticule de boue et de branchages afin que leur dé-

composition dégage la chaleur nécessaire. « D'après la coloration et la nature de certains sédiments autour de pontes, c'est possible » relève le paléontologue. Reste un problème... de taille. Pas celle des œufs. Certes, les plus gros, de forme ovale allongée, mesurent (quand même!) autour de trente centimètres. Mais en proportion du gigantisme de l'animal qui les fabrique, c'est moins impressionnant que l'œuf de la poule. Le problème consiste plutôt à ne pas faire d'omelette en larguant les œufs. Quand on est perché sur des poteaux de plusieurs mètres et qu'on pèse plusieurs tonnes, comme le Diplodocus, ce n'est pas simple de poser à terre de précieuses coquilles. Les scientifiques les ont retrouvées, intactes, parfois disposées en forme de couronne comme si le dinosaure avait pivoted sur lui-même en pondant. Cela demande une certaine délicatesse. Celle dont il usait aussi pour couvrir sa future progéniture sans faire de dégâts.

Muriel FLORIN

## Amérique du Sud : un cimetière de dinosaures datant de 220 millions d'années découvert en Argentine

Un cimetière de dinosaures de 220 millions d'années a été découvert : « Il y a près de dix individus distincts.

C'est une masse d'os agglomérés. [...] C'est comme s'ils avaient fait un puits et qu'ils l'avaient rempli d'os »,

a expliqué le paléontologue argentin Ricardo Martínez. En cause, selon lui, une grande sécheresse.

À cet endroit, il y avait de l'eau, un petit lac où venaient les animaux, qui s'affaiblissaient et mouraient sur place à

mesure que l'eau baissait.

Le Progrès, 20 avril 2019



*Calliphyloceras charnayense*. Provenance : Belmont, Rhône – Niveau : Aalénien inférieur  
Diamètre max. : 12 cm.



*Pseudoammatoceras clocheri*, Rulleau & Elmi - Provenance : Mont Verdun, Poleyieux (69)  
Niveau : Toarcien supérieur – Coll. H. Darmaillac (371), PF Toa 647 – Diamètre : 6 cm – Photographie : Henri Darmaillac