

Volume 7 - 2020

CARNETS NATURES



Carnetsnatures.fr

CARNETS NATURES

Carnets natures.fr

Les **Carnets natures** (ISSN 2427-6111) sont destinés à constituer un vecteur nouveau et rapide de diffusion d'articles traitant de sujets naturalistes à connotations locales, dans tous les domaines des sciences de la Nature, botanique, lichénologie, entomologie, géologie, paléontologie, minéralogie, histoire des sciences,...

Les **Carnets natures** sont une revue purement numérique, entièrement gratuite.

L'accès aux publications est intégralement libre de droit et de téléchargement.

Les **Carnets natures** n'accueillent que des travaux originaux, en français, occasionnellement en anglais, excluant toute compilation ou revue bibliographique.

Son format électronique lui permet de publier sans contrainte de taille des notes brèves, des articles naturalistes, des inventaires de biodiversité actuelle ou fossile, de petites monographies régionales...

Comité éditorial

Clother Coste

Abdellatif Chemssedhoa

Laurent Cournault

Philippe Fauré

André Laforgue

Jacques Magontier

Daniel Martin

Informations et soumission de manuscrits

Philippe Fauré

1 Avenue de Lavour

81100, Castres

France

Email : contact@carnetsnatures.fr

<http://carnetsnatures.fr>

Éditeur :

ASNAT Amis des Sciences de la Nature, Muséum d'Histoire naturelle de Gaillac, Tarn, France

Photo de couverture : Feuille de *Jubala hutchinsiae* (Bryophyte).

CARNETS NATURES

Tormo Nicolas. Observations géologiques dans le massif du Montcalm (Ariège, Pyrénées, France). *Carnets natures*, 2020, vol. 7 :

1-14

Chaix Xavier et Plicot Jérôme. Les gastéropodes du Santonien supérieur (Crétacé supérieur) des Corbières méridionales, aux environs de Sougraigne (Aude, France). Deuxième étude. *Carnets natures*, 2020, vol. 7 :

15-28

Fauré Philippe. Le Miocène (Burdigalien, Langhien inférieur) de l'Île Saint-Martin (Gruissan, Aude). *Carnets natures*, 2020, vol. 7 :

29-39

Pénigot William. Contribution à la connaissance des Ichneumonidae hivernants (Hymenoptera) de la forêt de la Grésigne. *Carnets natures*, 2020, vol. 7 :

41-49

Bertrand Jean, Coste Clothier et Rolland Delphine. Inventaire des diatomées sur les lichens et causes de leur présence. *Carnets natures*, 2020, vol. 7 :

51-77

Chaix Xavier et Plicot Jérôme. Les gastéropodes du Santonien supérieur (Crétacé supérieur) des Corbières méridionales, aux environs de Sougraigne (Aude, France). Troisième étude. *Carnets natures*, 2020, vol. 7 :

79-93

Gaston Alain. Contribution à la connaissance de la Bryoflore du Tarn. Découverte de deux Hépatiques. *Dumortiera hirsuta* (SW) Nees et *Jubula hutchinsiae* (Hook.) Dumort., en Montagne Noire (Tarn, France). *Carnets natures*, 2020, vol. 7 :

95-98

Observations géologiques dans le massif du Montcalm (Ariège, Pyrénées, France)

Nicolas Tormo

Résumé

Cette note présente quelques observations tectoniques, lithologiques et stratigraphiques dans le massif du Montcalm (Ariège, Pyrénées, France). Les terrains sont essentiellement silico-clastiques et ne présentent que très localement une sédimentation carbonatée. Ils sont rattachés globalement au membre inférieur de la Formation d'Err (Cambrien basal). Le principal trait tectonique est une organisation en panneaux kilométriques dont la compartimentation est probablement d'origine hercynienne. La tectonique alpine leur impose ensuite une compression de direction SN, marquée par des failles inverses NW-SE et des chevauchements SN. S'ajoutent enfin plusieurs réseaux de failles alpines de plus faible ampleur présentant des directions variées.

Mots clés : Massif du Montcalm, Ariège, Pyrénées, Formation d'Err, Cambrien inférieur.

Abstract

This note describes some tectonic, lithological and stratigraphic observations about the Montcalm Massif (Ariège, Pyrenees, France). The outcrops are mainly siliciclastic, only bearing locally a carbonate sedimentation. They are globally regarded as belonging to the lower member of the Err Formation (Lowermost Cambrian). The main tectonic feature is a kilometric scale panels organization, which compartmentation is of probable hercynian origin. Alpine tectonic then enforces a compression and SN thrusting overlaps, with inverted NW-SE faults. Finally, there are also several alpine fault networks of lower extent and various directions.

Keywords : Montcalm massif, Ariège, Pyrenees, Err Formation, Lower Cambrian.

1. Introduction

Le massif montagneux du Montcalm (**Fig. 1**) se situe dans la chaîne pyrénéenne (**Fig. 2**), au sud du département de l'Ariège, le long de la frontière avec l'Espagne (Catalogne). Il est majoritairement situé coté ariégeois, seules ses retombées ouest et sud sont situées en Catalogne. Le massif porte le nom du Pic du Montcalm (3077 m) qui est le plus haut sommet visible depuis la vallée d'Auzat/Vicdessos en Ariège. Le point culminant est cependant la Pique d'Estats (3144 m), situé sur la frontière avec la Catalogne, mais qui est caché depuis la vallée.

Le territoire considéré dans cette note est délimité par (**Fig. 3**) :

- Au nord, la ligne allant de l'étang du Pinet au barrage de Soulcem.
- A l'ouest, la frontière franco-espagnole, depuis le Guins de Taps (près du refuge du Pinet), le

Pic du Sullo, la Pique d'Estats jusqu'au Pic de Canalbone.

- Au sud, une ligne reliant le Pic de Canalbone à l'étang de Soulcem.

- A l'est, l'étang de Soulcem.

La surface couverte mesure environ 14 km². Les observations peuvent dans une certaine mesure s'extrapoler dans les environs immédiats (sud et ouest) vers la Catalogne.

Il est à noter que la nature du terrain rend les observations géologiques difficiles. Le dénivelé entre le parking et les sommets est de 2000 m. Les itinéraires sont longs, raides, rocaillieux, pour certains relevant même de l'alpinisme. Le terrain est souvent impraticable et dangereux.

Outre les observations sur le terrain, nous avons utilisé des moyens cartographiques informatiques.



Fig. 1 – paysage dans le massif (partie supérieure du ravin du Riufret).
 (1) Pic de Canalbone (2973 m), (2) Pointe de Gabarró (3115 m), (3) Pique d’Estats (3144 m).
 Au premier plan, remarquer la morphologie mamelonnée due à l’abrasion glaciaire.

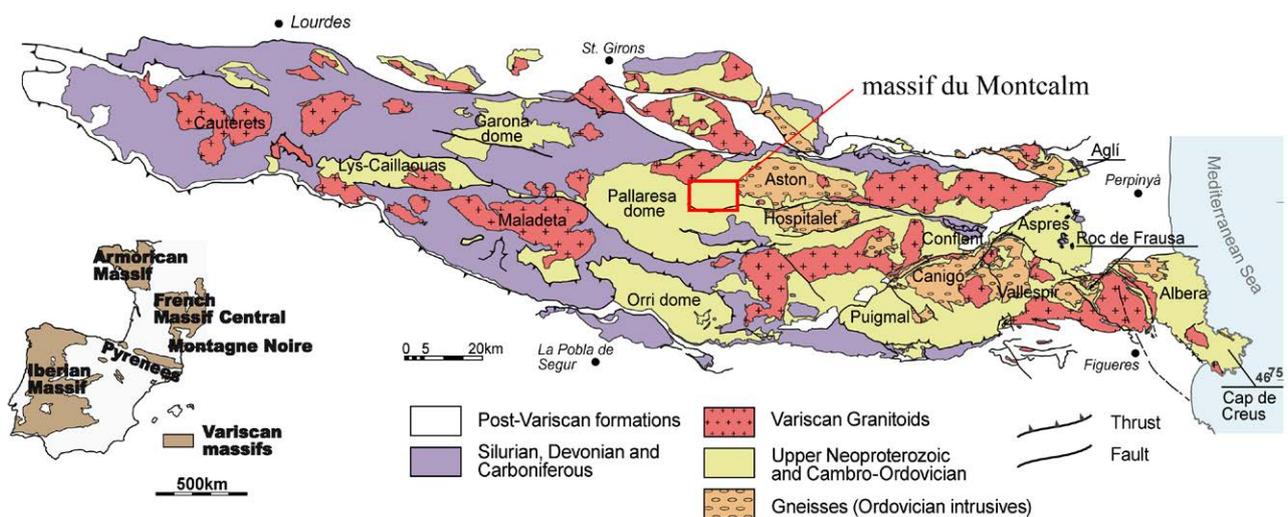


Fig. 2 – carte structurale de la zone axiale des Pyrénées et situation du massif du Montcalm.
 (d’après Padel *et al.*, 2018).

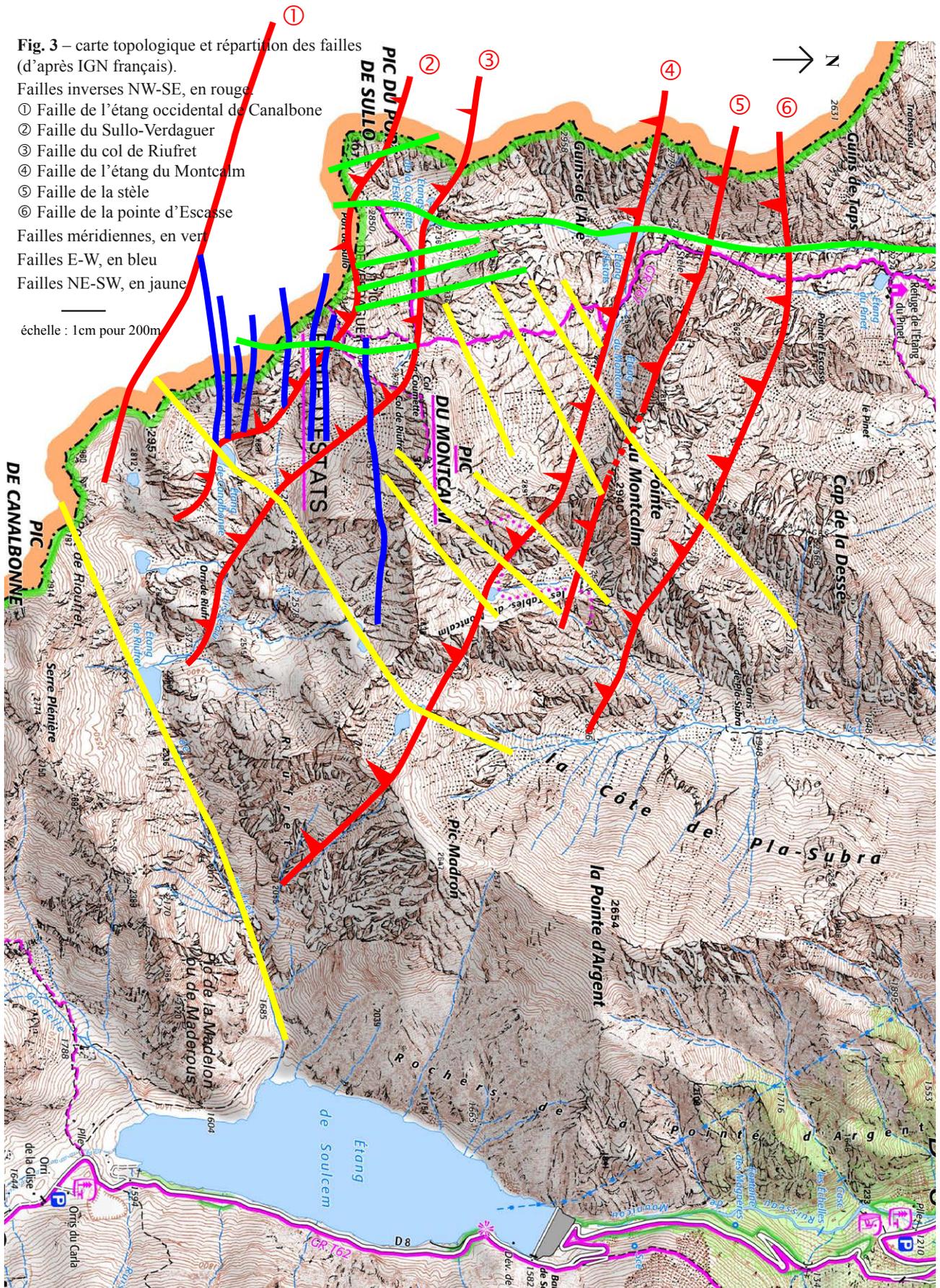
Plusieurs sources de photographies aériennes sont disponibles : googleearth, IGN français, IGN espagnol, et surtout ICGC catalan, ces dernières étant les plus précises. Les cartes topographiques de l’IGN français et de l’ICGC catalan ont été utilisées. Il n’y a pas unité des noms et des altitudes pour certains sommets (le Pic de Canalbone selon la carte française n’est pas le même selon la carte catalane) et il y a des différences linguistiques (Pic de Sotllo en catalan, Pic de Sullo en occitan, côté ariégeois). Nous avons préféré utiliser les dénominations de la carte catalane qui contient plus d’informations, mais en retenant

celles en français quand elles sont en usage (ex : Pique d’Estats et non Pica d’Estats).

2. Contexte géologique

La géologie de l’Ariège, et plus généralement celle des Pyrénées, est extrêmement complexe (Barnolas & Chiron, 1996). Nous nous contenterons d’une description synthétique.

Le massif du Montcalm se situe au cœur de la zone axiale des Pyrénées (**Fig. 2**). Il fait partie d’une grande structure antiforme de 40 km x 30 km (« Pallaresa



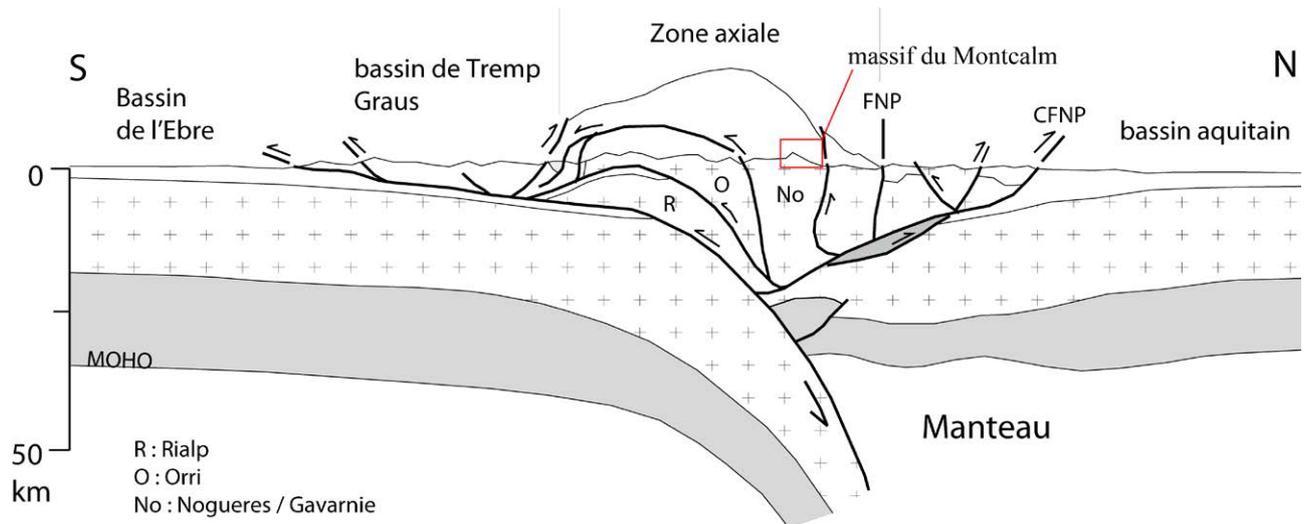


Fig. 4 – profil structural synthétique des Pyrénées (d'après Fillandeu, 2011).
FNP : front nord pyrénéen ; CFNP : chevauchement frontal nord pyrénéen.

dome » in **Fig. 2**) au sein de l'Unité de Nogueres (**Fig. 4**). Cette structure est pour l'essentiel située en Catalogne dans la comarque de Pallars Sobirà mais déborde sur l'Ariège. Les roches sont principalement schisteuses et gréseuses et attribuées au Groupe de Jujols (Cambrien/Ordovicien ; Laumonier, 1988 ; Ternet *et al.*, 1997). Dans les Pyrénées orientales, où le groupe est défini, l'âge est déduit des données géochronologiques (Laumonier *et al.*, 2004 ; Padel, 2016 ; Padel *et al.*, 2018). Vers le NW, la structure est recouverte par des nappes de charriage à matériel principalement dévonien (Couserans). Au nord, elle présente une intrusion granitique hercynienne (massif du Bassiès) qui a développé un métamorphisme de contact. À l'est se trouve le massif métamorphique d'Aston (intrusion ordovicienne de migmatiques et gneiss), ceinturé au nord par des termes d'âges silurien et dévonien (Ax-les-Thermes, les Cabannes, Siguer). Vers le sud et l'ouest se trouve la suite de la structure, en Catalogne (Pallars Sobirà).

L'essentiel du territoire étudié se situe dans l'angle sud-est de la carte géologique au 1/50000^{ème} d'Aulus-les-bains, où les terrains sont notés k1-3 (« Formation d'Évol indifférenciée » soit Cambrien inférieur à moyen). Ces mêmes terrains sont notés « Cambrien métamorphisé » (kξ) sur la carte géologique au 1/50000^{ème} de Fontargente, « Cambrien s.l. » et même siluriens sur la carte géologique au 1/50000^{ème} de Videssos. Les raccords entre ces trois cartes montrent une totale divergence entre les analyses des auteurs, et donc une grande confusion dans les attributions lithostratigraphiques. Le document le plus récent est la notice de la carte géologique harmonisée du

département de l'Ariège (Genna, 2008). Les terrains y sont notés « Cambrien probable » (293 - Pla de Subra, Riufret, Soulcem) et « Ordovicien inférieur/moyen » (244 - Canalbone, Pique d'Estats, Pinet), sans aucune justification toutefois.

3. Observations lithologiques

3.1 Observations globales

N'ayant aucune continuité, repère lithologique ou lithostratigraphique, et vraisemblablement de très forts plissements, il semble en l'état très difficile d'établir la colonne stratigraphique et une cartographie du terrain étudié. Une colonne synthétique de l'Unité de Nogueres est présentée dans Laumonier *et al.* (1996, fig. 4.8 « Massif de la Pallaresa »).

Les roches sont la plupart du temps difficiles à distinguer d'un schiste gréseux, prenant plus l'apparence d'un schiste ou d'un grès selon les lieux, ces faciès se disposant souvent en alternances assez monotones. Les schistes ont en général une patine orange à rouge caractéristique (**Fig. 5**) et présentent une altération glaciaire en surface (abrasion, griffage, polissage) bien visible.

Seuls trois secteurs présentent une lithostratigraphie plus claire : les alentours des sommets (1) du Pic du Sullo, (2) du Pic de Verdaguer et de la Pique d'Estats, (3) la rive gauche du Riufret en amont de l'étang inférieur du Riufret.

1. Pic du Sullo (Fig. 12). Dans la face est, on note de grands bancs de grès quartzitiques entrecoupés de schistes. Le sommet même montre une barre



Fig. 5 – rive gauche du Riufret, en direction du Pic du Montcalm.
Au premier plan, remarquer la morphologie mamelonnée due à l’abrasion glaciaire.



Fig. 6 – sommet de la Pique d’Estats depuis le Pic de Verdaguer. Quartzites sommitales.

quartzitique. Le pendage semble sensiblement horizontal.

2. Pic de Verdaguer (**Fig. 13**) et Pique d’Estats (**Figs. 6, 15**). Les faces nord et ouest du Pic de Verdaguer montrent un banc quartzitique qui se jette dans l’étang de la Coumette d’Estats, puis une masse schisteuse et un épais banc quartzitique. Le

pendage est de 30° vers le N. Ce dernier banc se poursuit et constitue le sommet de la Pique d’Estats (**Fig. 6**). Plus à l’est (**Fig. 15**), on observe la même organisation avec des quartzites à la Pointe de Gabarró (1), la masse schisteuse au col de Gabarró (2) et les quartzites au sommet de la Pique d’Estats (3). La faille de Sullo-Verdaguer ayant un faible jeu, elle ne perturbe pas la lecture du terrain. Le



Fig. 7 – rive gauche du Riufret depuis la Pique d’Estats.

Cap de la Coma de Riufret (**Fig. 15** au centre ; **Fig. 16** à gauche) est aussi constitué de quartzites.

3. La rive gauche du Riufret (**Figs. 7 et 18**), entre l’étang inférieur du Riufret et le Pic du Montcalm, expose de nombreuses alternances de termes schisteux et quartzitiques au pendage presque vertical de direction NW-SE. Cependant la présence de plis serrés n’est pas à exclure pour ce secteur.

Signalons aussi que le pourtour de l’étang de Soulcem montre des affleurements de leucogranites, en particulier au Pic de la Madelon. Ils sortent du domaine de notre étude.

3.2 Observations locales

En rive gauche du Riufret, vers la cote 2500 m, affleurent des bancs calcaires qui peuvent atteindre un mètre d’épaisseur. Ces calcaires sont pétris de débris siliceux de taille millimétrique à pluri-centimétriques (**Fig. 8**). Ces débris sont lisses ce qui signifie qu’ils ont été transportés et émoussés. Un bloc éboulé montrant un banc métrique calcaire présente des passées schisteuses extrêmement plissotées (**Fig. 9**). Ces calcaires affleurent dans une falaise en amont mais sont inaccessibles. Ce niveau calcaire est à rapprocher de ceux déjà observés près du sommet coté 2747 m (entre le Pic du Montcalm et le Pic Madron), au nord du Pic Madron et au sud de la Pointe d’Argent (carte géologique au 1/50000^{ème} d’Aulus les bains). Ceux-ci sont assimilés à la Formation de Lleret-Bayau (Ternet *et al.*, 1997).

Sous les sommets, les grès quartziteux, lorsqu’ils sont très massifs, sont parfois stratifiés et l’on peut y observer des laminations. Plusieurs secteurs (Canalbone, arête est de la Pique d’Estats, arête ouest du Pic de Verdaguer) montrent des passées argileuses et calcaires (**Fig. 10**). Les recherches de microfossiles par extraction à l’acide dans tous ces affleurements carbonatés se sont révélées infructueuses.

3.3 Discussion et datation

L’ensemble des terrains qui affleurent sur le secteur étudié est décrit dans la littérature sous le terme de « série de Pilas-Estats » (Ternet *et al.*, 1997 qui citent des travaux de Zandvliet, 1960 ; Laumonier, 1988 ; Laumonier *et al.*, 1996 ; Monod, 2014), depuis affecté à la Formation d’Évol, organisée en trois membres (Laumonier *et al.*, 1996).

Les terrains les plus anciens, puisque ils couvrent à l’est le dôme de l’Aston (Laumonier, 1988), présents en rive gauche du Riufret, sont vraisemblablement à rattacher au membre inférieur (« Formation d’Alos-de-Isil » des auteurs). Les affleurements calcaires (au mieux métriques) ne sont pas suffisants pour caractériser le membre médian (« Formation de Lleret-Bayau » des auteurs). Quant aux terrains les plus récents, ceux affleurant près des sommets et présentant de grands bancs de grès et de quartzites, ils sont à rapprocher avec doute au membre supérieur (« Formation d’Alins » des auteurs). Ce membre n’est toutefois pas signalé dans ce secteur par les autres auteurs (Laumonier, 1988). La Formation d’Évol a été redéfinie et est maintenant nommée Formation



Fig. 8 – bloc de calcaire à débris siliceux. photo Monceret.



Fig. 9 – banc calcaire avec niveaux schisteux fortement plissés. Photo Monceret.



Fig. 10 – grès quartzitique avec laminations, figures de bancs, lentilles et bancs calcaires (marteau). Étang de Canalbhone.

d'Err dans le travail le plus récent (Padel, 2018 ; fig. 2) avec un âge Terreneuvien (Cambrien série 1 ; Padel, 2016). Il n'y a aucune argument en faveur d'un âge ordovicien inférieur/moyen, comme avancé par Genna (2008).

4. Observations tectoniques

4.1 Failles inverses NW-SE

Le territoire est haché par une succession d'accidents tectoniques majeurs (**en rouge sur la Fig. 3**). Ces failles inverses, de direction N120°E, séparent des compartiments kilométriques se chevauchant, résultant d'une compression de direction sud-nord. L'observation des photos aériennes montre que ces accidents se poursuivent vers le NW au-delà de la frontière. Des accidents de la même famille

existent plus au sud, vers la Noguera de Vallferra (hors territoire étudié) : on est donc bien en présence d'un trait tectonique à grande échelle (plurikilométrique). Ces compartiments semblent déjà avoir été remarqués par les auteurs (Lepochat *et al.*, 2018 : fig. 22.108, citant un travail de Soula *et al.*, 1986).

Ces failles sont fortement redressées : les failles du secteur de la Noguera de Vallferra et la faille de l'étang occidental de Canalbhone sont sub-verticales ; la faille du Col du Riufret présente un pendage de 60° ; curieusement, la faille du Sullo-Verdaguer présente un pendage de 45° seulement.

Des crochons d'ajustement peuvent s'observer en face est du Pic du Sullo sur la faille du Sullo-Verdaguer (**Fig. 12**). D'autres sont visibles dans le couloir des Tables du Montcalm, sur la faille de l'étang du Montcalm (**Fig. 14**).

1. Faille de l'étang occidental de Canalbone (Fig. 11) : Pic dels Estanys, col au nord du point coté (pc) 2818 m, Estany occidental de Canalbona, Port du Riufred (sur carte catalane, ne pas confondre avec le col du Riufret près du Pic du Montcalm), pic 2811,4 m. Faille située principalement hors secteur, mais très bien visible.

2. Faille du Sullo-Verdaguer (Figs. 12, 13, 15) : ravin du Clot de Broate, face est du Pic du Sullo, Port du Sullo, contourne le Pic de Verdaguer (pc 3057,7 m ; 3081,4 m ; 3062,3 m ; 3049,6 m), vallon sans nom au nord de la pointe de Gabarró, étang de Canalbone (côté ariégeois) qu'emprunte un couloir très marqué orienté sud.

3. Faille du col du Riufret (Figs. 12, 13, 15) : col du Guins de l'Ane, étang de la Coumette d'Estats, col du Riufret, vallée du Riufret jusqu'à l'étang inférieur du Riufret. Cette faille est certainement celle qui a le plus joué dans le secteur. Entre les cols du Guins de l'Ane et du Riufret, le plan de faille est particulièrement bien visible (Fig. 13). Il est marqué à l'affleurement par une zone de broyage d'une dizaine de mètres d'épaisseur, érodée en plusieurs couloirs situés de part et d'autre des cols, et qui encaisse le lit du ravin du Riufret. Une composante horizontale du jeu doit aussi être envisagée.

4. Faille de l'étang du Montcalm (Fig. 14) : Guins del Taps (2779 m), étang d'Estats, étangs du Montcalm (dont la faille est l'axe), brèche

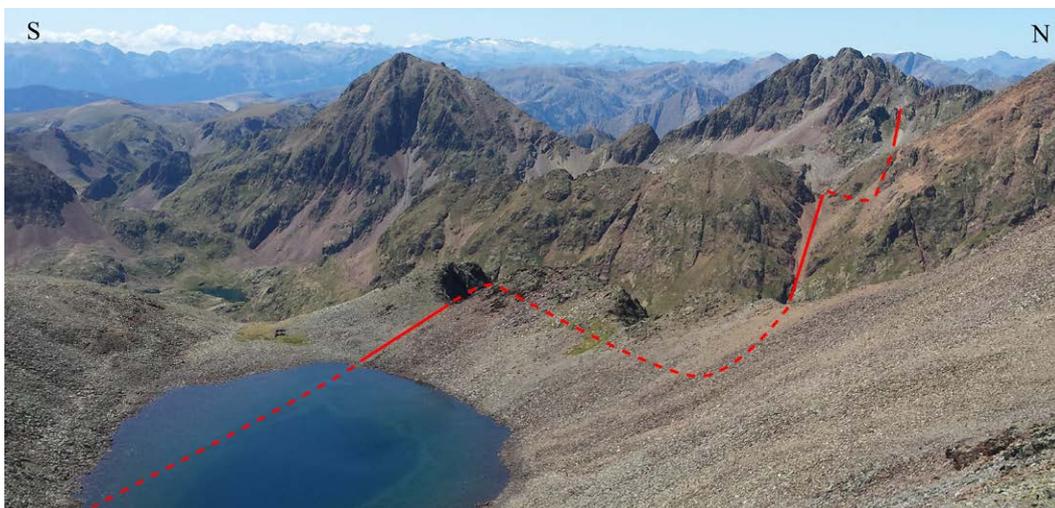


Fig. 11 – faille de l'étang occidental de Canalbone.

Remarquer les nombreuses autres failles de même direction plus vers le sud (gauche).

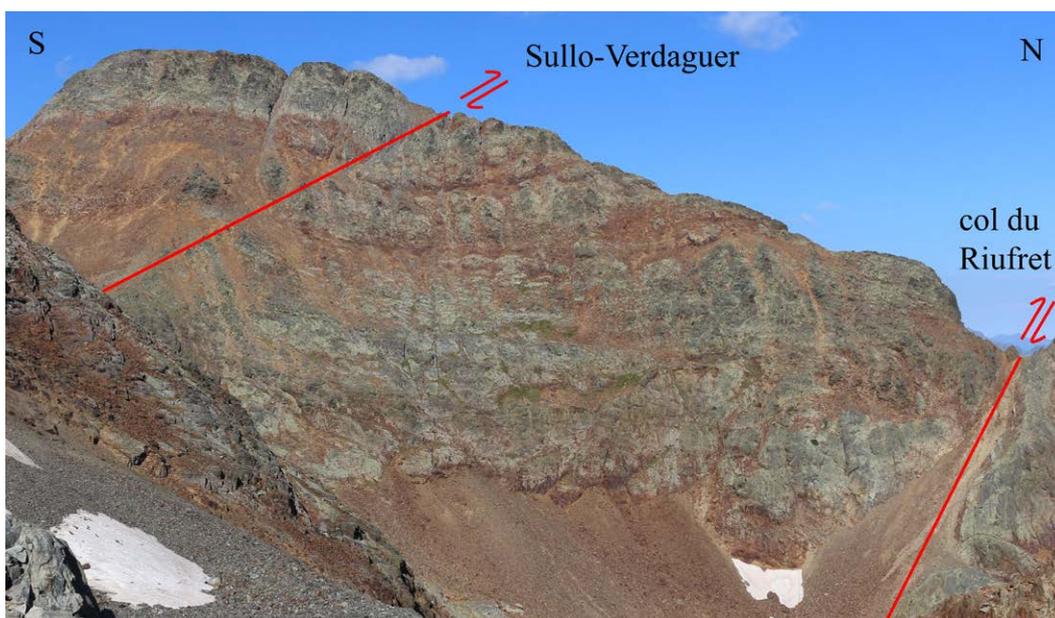


Fig. 12 – face est du Pic de Sullo.

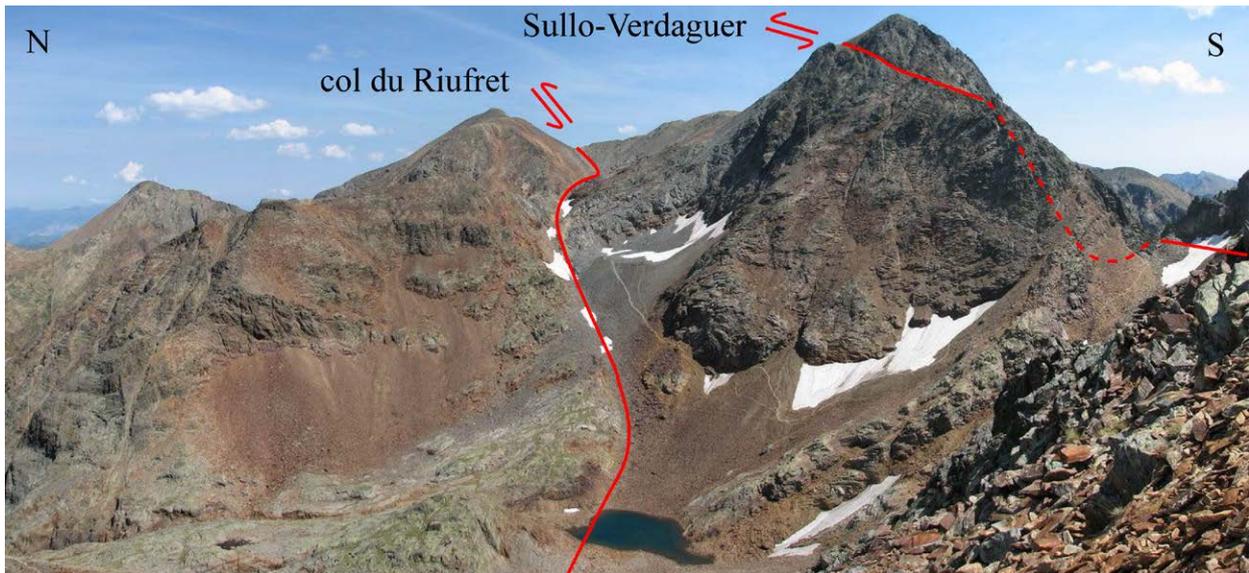


Fig. 13 – Pic du Montcalm, étang de la Coumette d’Estats, Pic de Verdaguer.

Remarquer le plan de faille bien marqué dans le paysage pour la faille du col du Riufret.

photo : Igertu ; http://i57.photobucket.com/albums/g205/igertu/20090820_PicaEstats/pica_93p.jpg

(2848 m) entre la Pointe du Montcalm et le Pic du Montcalm, couloir des Tables du Montcalm (crochons observés), étang des Tables, étang anonyme (2557,5 m), col (2647,7 m) au SW du Pic Madron.

5. Faille de la stèle : parallèle à la précédente mais située 150 m plus au nord. 100 m au nord de la stèle près de l’étang d’Estats, pic 2816 m près de l’étang du Montcalm, brèche sur l’arête sud de la Pointe du Montcalm, bas des Tables du Montcalm.

Il s’agit d’un accident secondaire, moins visible que les autres.

6. Faille de la pointe d’Escasse : col (2636,2 m) sur la frontière, col 100 m au sud de la Pointe d’Escasse, pic 2697 m au nord de la Pointe du Montcalm, brèche sur l’arête NE de la Pointe du Montcalm vers 2500 m. Chez certains auteurs (Guitard *et al.*, 1996 fig. 10.29 ; carte géologique de l’ICGC), cette faille a une extension bien au-delà du territoire étudié : elle traverse l’étang de



Fig. 14 – faille de l’étang du Montcalm.

face est du Pic du Montcalm, pointe du Montcalm, Tables du Montcalm.

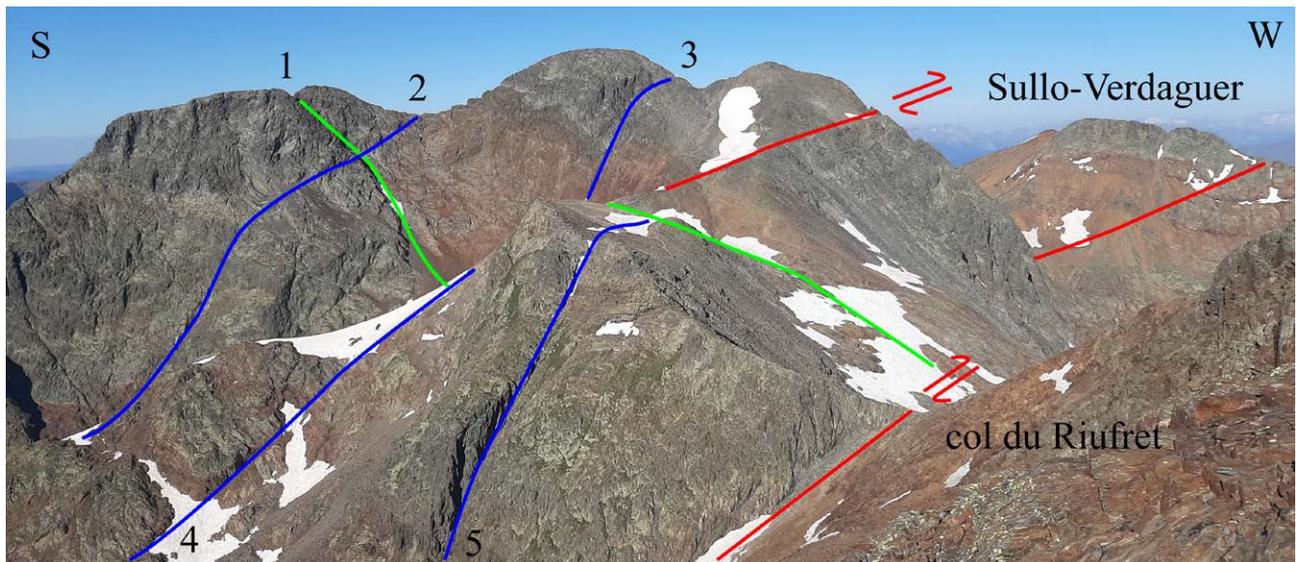


Fig. 15 – Pointe de Gabarró, Pique d’Estats, Pointe de Verdaguer depuis le Pic du Montcalm.

1. faille du Pic de Gabarró – 2. faille du col de Gabarró – 3. faille de la Piques d’Estats 4. faille doublant la précédente – 5. faille du Cap de la Coma de Riufret.

Soulcem et se poursuit jusqu’en Andorre, traversant même la faille de Mérens (une des principales failles structurantes hercyniennes de la région).

4.2. Failles méridiennes

Plusieurs failles présentent une orientation sensiblement nord-sud (**en vert sur la Fig. 3**). Elle présentent un pendage sub-vertical :

Faille du Pinet : très bien visible sur le terrain car elle canalise le cours du ruisseau d’Estats en passant près de l’étang du Pinet. Au sud de l’étang d’Estats, elle passe par l’étang de la Coumette d’Estats et le Port du Sullo. Dans ce secteur, on retrouve plusieurs failles parallèles dans un couloir de 150 m de large, avec une orientation N10°W.

Faille de la Pointe de Gabarró (Fig. 15, notée 1) : la Pointe de Gabarró est séparée d’une antécime par deux couloirs prononcés sur chaque versant. La faille entaille ces couloirs puis se dirige vers le N où elle passe au col (3029,6 m) et le vallon plus au nord (près du Cap de la Coma de Riufret, 3040,3 m).

4.3. Faille E-W

Plusieurs failles présentent une orientation sensiblement est-ouest (**en bleu sur la Fig. 3**) et un pendage sub-vertical. Elles semblent se localiser dans la partie supérieure du vallon du Riufret, mais on peut en observer les prolongements jusque sur le flanc sud du Pic du Sullo.

Failles du Pic Rodó de Canalbona (Fig. 17) : à 30 m au nord du Pic Rodó de Canalbona se trouve une brèche où passe une double faille. Suivent deux autres failles en suivant l’arête frontalière vers la Pointe de Gabarró. Toutes ces failles s’étendent de part et d’autre de l’arête frontalière. Côté ariégeois, elles traversent l’étang de Canalbone.

Faille du Col de Gabarró (Fig. 15, notée 2) : une faille traverse juste au sud du col de Gabarró (3092 m). Elle entaille la face NE du Pic de Gabarró.

Faille de la Pique d’Estats (Fig. 15, notée 3) : cette faille passe immédiatement au nord du sommet. Elle est doublée par une autre située un peu plus au nord (**Fig. 15, notée 4**).

Faille du Cap de la Coma de Riufred (Fig. 15, notée 5 ; Fig. 16) : elle passe juste au nord du Cap de la Coma de Riufred (3026,9 m) puis entaille la face sud du Pic du Montcalm en créant deux épaulements bien visibles.

4.4. Failles NE-SW

Plusieurs failles présentent une orientation NE-SW avec un pendage sub-vertical (**en jaune sur la Fig. 3**) :

Ravin du Riufret : toute la moitié inférieure du ravin ainsi que son prolongement au-delà de l’étang inférieur du Riufret vers le Port de Canalbona.

Faille de Canalbone (Fig. 18) : très bien visible sur le terrain, depuis le Coll Franc et l’étang de



Fig. 16 – Pic du Montcalm depuis la Pique d’Estats. Faille du Cap de la Couma d’Estats.



Fig. 17 – face de l’antécime de la Pointe de Gabarró vers le lac de Canalbhone.
En bleu, les quatre failles du Rodó de Canalbhone. A droite, Pli couché vers le NE.

Canalbhone (dont elle constitue l’axe), elle traverse toute la partie supérieure du vallon du Riufret jusqu’à un groupe d’étangs sans nom (2669,8 m et 2670,6 m) près de l’arête est du Pic du Montcalm, ruisseau terminal du Pla Subra.

Failles du Pic du Montcalm : au moins trois failles qui partent des Tables du Montcalm, passent au droit du dôme sommital et redescendent dans la face sud. Une, en particulier, est bien visible car elle

limite la base du couloir des Tables. Une autre passe par le ruisseau qui sort des tables et le replat entre le couloir des Tables et la brèche (2848,2 m).

Failles de la Pointe du Montcalm : au moins quatre failles s’amorcent entre l’étang du Montcalm et le Pic du Montcalm, traversent vers le NE en passant de part et d’autre de la Pointe du Montcalm. Une, en particulier, crée un couloir bien marqué sur l’arête ouest ainsi que le talweg de la face NE.



Fig. 18 – Etang de Canalbone. Faille de Canalbone.

4.5. Discussion et âge des accidents

Cochelin *et al.* (2017, fig. 3) indiquent un découpage de l'Unité de Noguères (au sud du massif granitique du Bassiès) par des failles hercyniennes jouant en cisaillement. Il faut probablement voir là l'origine des grands compartiments observés, même si leurs mouvements en faille inverse doivent eux être plutôt rattachés à la tectonique alpine.

La plupart des failles situées plus au sud du Massif, vers la Noguera de Vallferra (**Fig. 11** et photos aériennes) ont un pendage sub-vertical correspondant à une phase de serrage SN alpin (Cochelin, 2016 ; figs. 5-16 et 5-21). Dans le massif du Montcalm, on note un pendage fortement incliné vers le SW, avec un jeu inverse, ce qui indique là aussi un serrage avec une poussée SN. La faille du col du Riufret (pendage de 60°) et celle du Sullo-Verdaguer (pendage de 45°) sont nettement moins inclinées que les autres, et pourraient correspondre à des réajustements alpins de type horst pop up.

La faille du Pinet et ses dédoublements entre l'étang d'Estats et le Pic de Verdaguer franchissent le chevauchement de la faille du col du Riufret : elles sont donc alpines mais postérieures au chevauchement. Cependant dans ce secteur on note un léger changement de direction (N10°W au lieu de

N0°E) : il y a vraisemblablement une composante horizontale dans le jeu alpin de la faille du col du Riufret. Les failles E-W et NE-SW se poursuivent de part et d'autre des grands chevauchements, elles sont donc aussi postérieures.

De ces observations, on peut esquisser le schéma chronologique suivant :

Tectonique hercynienne :

Phases précoces : liée à une tectonique à grande échelle avec mise en place de nappes de charriage (Carreras, Debat *et al.*, 1996).

Phases tardives : découpage du massif en compartiments kilométriques par cisaillement (Cochelin *et al.*, 2017).

Tectonique alpine :

Phase de serrage SN avec chevauchement des compartiments par réutilisation alpine des compartiments hercyniens.

Morcellement du bâti par plusieurs réseaux de failles secondaires (méridiennes, E-W, NE-SW) qui ont toutes un pendage sub-vertical. Un jeu horizontal ultérieur des compartiments est à envisager (incidence sur la direction de la faille du Pinet décrit ci-dessus).

5. Conclusions.

Le Massif du Montcalm est constitué d'une formation très puissante (>1000 m) schisto-gréseuse à la base (ravin du Riufret), et de termes grésos-quartzitiques vers les sommets. Localement des termes carbonatés s'intercalent, soit sous forme de lentilles et bancs minces, soit sous forme plus affirmée de bancs métriques. Un rattachement de l'ensemble de ces terrains au membre inférieur de la Formation d'Err semble le plus probable (d'âge Terreneuvien, Cambrien série 1 ; Padel *et al.*, 2018). La présence du membre supérieur de la formation n'est pas certaine.

Le massif présente une tectonique très complexe, polyphasée, impliquant deux phases tectoniques. La tectonique hercynienne structure le bâti (nappes de charriage) et individualise de grands compartiments kilométriques. La tectonique alpine découpe l'ensemble, notamment selon des failles NW-SE. Les plans de rupture sont fortement redressés et présentent un mouvement inverse : ils indiquent une compression du sud vers le nord. S'ajoute ensuite un découpage secondaire par des failles alpines sub-verticales de directions variées. Ce schéma est compatible avec les études tectoniques générales faites dans les Pyrénées (Fillandeau, 2011 ; Cochelin, 2016) mais appliquées ici à une échelle locale.

Remerciements. Nous remercions M. Monceret (Carcassonne) pour une sortie commune dans le vallon du Riufret, où son sens de l'observation a fait merveille, MM. Fauré, Coste et Magontier (Castres) pour leurs nombreuses remarques, suggestions et révisions qui ont fortement amélioré le manuscrit.

Références

- Barbolas A., Chiron J.C. (1996) – Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées Volume 1: Introduction. Géophysique. Cycle hercynien - Édition BRGM – ITGE.
- Carreras J., Debat P. (coords) *et al.* (1996) – Cambro-Ordovicien. In Barnolas A., Chiron J.C.: «Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées». Édition BRGM - ITGE, vol. 1 : 586-678.
- Cochelin B. (2016) – Champ de déformation du socle paléozoïque des Pyrénées PhD thesis, *Université de Toulouse*.
- Cochelin B., Chardon D., Denele Y., Gumiaux C. & Le Bayon B. (2017) – Vertical strain partitioning in hot Variscan crust: Syn-convergence escape of the Pyrenees in the Iberian-Armorican syntax *Bulletin de la Société géologique de France*, 188(39). 26 p.
- Fillandeau P.Y. (2011) – Croissance et dénudation des Pyrénées du Crétacé supérieur au Paléogène: apports de l'analyse de bassin et thermochronométrie détritique. *PhD thesis*, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.
- Genna A. (2008) – Carte géologique harmonisée du département de l'Ariège. Notice technique. *Rapport final. BGRM/RP-56473-FR*, 423 p., 3 fig., 2 tabl., 3 ann., 3 pl. hors-texte.
- Guitard G. (coord.) *et al.*, (1996) – Métamorphisme hercynien. In Barnolas A., Chiron J.C.: «Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées». Édition BRGM - ITGE, vol. 1: 501-584.
- Laumonier B. (1988) – Les groupes de Canaveilles et de Jujols (“Paléozoïque inférieur”) des Pyrénées orientales – arguments en faveur de l'âge essentiellement Cambrien de ces séries. *Hercynica* 4 : 25–38.
- Laumonier B. (coord.) *et al.* (1996) – Cambro-Ordovicien. In Barnolas A., Chiron J.C.: «Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées». Édition BRGM - ITGE, 1 : 157-209.
- Laumonier B., Autran, A., Barbey P., Cheilletz A., Baudin T., Cocherie A. & Guerrot C. (2004) – Conséquences de l'absence de socle cadomien sur l'âge et la signification des séries pré-varisques (anté-Ordovicien supérieur) du sud de la France (Pyrénées, Montagne Noire). *Bulletin de la Société géologique de France*, 175 : 105–117.
- Lepochat G., Razin P. & Teixell A. (2018) – Tectonique alpine in Synthèse géophysique et géologique des Pyrénées - Volume 3 : Cycle alpin : Phénomènes alpins, *Coédition AGSO et BRGM*. 483 p., 286 fig.
- Monod B. (2014) – Carte géologique numérique à 1/250 000 de la région Midi-Pyrénées. *Notice technique. BRGM/RP-63650-FR*. 160 p., 23 fig., 1 pl. hors-texte.
- Padel M. (2016) – Influence cadomienne dans les séries pré-sardes des Pyrénées Orientales : approche géochimique, stratigraphique et géochronologique. *PhD thesis, Université de Lille* 1. 213 p.

- Padel M., Clausen S., Alvaro J. & Casas J.M. (2018) – Review of the Ediacaran-Lower Ordovician (pre-Sardic) stratigraphic framework of the Eastern Pyrenees, southwestern Europe *Geologica Acta*, 16(4) : 1-17.
- Soula J.C., Debat P. & Deramond J. (1986) – Evolution structurale des ensembles métamorphiques, des gneiss et des granitoïdes dans les Pyrénées centrales. *Bulletin de la Société géologique de France*, 8, 11(1) : 79-93.
- Ternet Y., Colchen M., Debroas E.J., Azambre B., Debon F., Bouchez J.L., Gleize G, Leblanc D., Bakalowicz M., Jauzion G., Mangin A. & Soule J.C. (1997) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Aulus-les-Bains (1086). Orléans : BRGM, 146 p. Carte géologique par Colchen *et al.* (1997).
- Zandvliet J. (1960) – The geology of the Upper Salat and Pallaresa valleys, Central Pyrenees, France/Spain. *Leidse geologische mededelingen* 25. 128 p.

Accepté le 9 décembre 2019
Publié en ligne (pdf) le 25 janvier 2020

Les gastéropodes du Santonien supérieur (Crétacé supérieur) des Corbières méridionales, aux environs de Sougraigne (Aude, France) Deuxième étude

Xavier Chaix¹ et Jérôme Plicot²

Résumé

L'étude de nouveaux affleurements du Crétacé supérieur des Corbières méridionales (Aude) a permis la récolte de nombreux gastéropodes dans les Formations des Marnes bleues de Sougraigne et de la Montagne des Cornes, datées du Coniacien et du Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous-zone à Paraplanum. Sont cités, dans cette deuxième étude, des représentants des genres *Conotomaria*, *Bathrotomaria*, *Pleurotomaria*, *Astralium*, *Coelobolma*, *Xenophora* et *Cypraea*. Trois espèces nouvelles, *Bathrotomaria delpeyi*, *Bathrotomaria bilottei* et *Pleurotomaria plicoti* sont décrites et figurées.

Mots clés : Gastropoda, Crétacé supérieur, Santonien, Corbières, Aude, France.

The gastropods of the Upper Santonian (Upper Cretaceous) southern Corbières, in the hinterland of Sougraigne (Aude, France). Second study

Abstract

The study of new Upper Cretaceous outcrops in the vicinity of Sougraigne (southern Corbières, Aude) has allowed the collection of numerous gastropods from the “Marnes bleues de Sougraigne” and “Montagne des Cornes” Formations dating from the Coniacian and the Upper Santonian, Polyopsis zone, Paraplanum Sub-zone. In this second study, representatives of the genera *Conotomaria*, *Bathrotomaria*, *Pleurotomaria*, *Astralium*, *Coelobolma*, *Xenophora* and *Cypraea* are examined. Three new species, *Bathrotomaria delpeyi*, *Bathrotomaria bilottei* and *Pleurotomaria plicoti*, are described and illustrated.

Keywords : Gastropoda, Upper Cretaceous, Santonian, Corbières, Aude, France.

Introduction

Dans une première partie de cette étude (Chaix & Plicot, 2018), huit taxons de gastéropodes peu connus ou pour la première fois signalés dans le Santonien (Crétacé supérieur) des Corbières méridionales ont été décrits et figurés. Parmi eux, deux espèces nouvelles, *Confusiscala faurei* Chaix et *Anchura plicoti* Chaix. Il est à noter que cette dernière espèce, doit être recombiniée sous le genre

Pletzachia (Kollmann, 2009, p. 41) (communication orale de Ulrich Wieneke que nous remercions).

Le présent travail a pour but la réactualisation de la systématique des gastéropodes du Santonien supérieur des alentours de Sougraigne (Aude), qui n'ont pas fait l'objet d'étude paléontologique depuis les travaux anciens de d'Archiac (1854), de Cossman (1896-97, 1902, 1903), de Roussel (1885) et de Delpey (1938, 1942), auteur qui a pu déterminer les importantes récoltes de Pierre Sénesse.

1. Musée de Paléontologie et de Préhistoire, 12 rue Saint-Mammès, F-11160 Villeneuve-Minervois.
bernadette.chaix@wanadoo.fr

2. Jérôme Plicot, F-11200, Saint-André-de-Roquelongue.

Nous renvoyons le lecteur à la première partie de cette étude pour plus de détails sur les cadres historiques et stratigraphiques de cette étude (Chaix & Plicot, 2018). Rappelons que les dépôts du Crétacé supérieur des Corbières méridionales appartiennent à la couverture méridionale du Massif hercynien de Mouthoumet et qu'ils s'expriment particulièrement bien au niveau du Synclinal de Rennes-les-Bains dans lequel se développe un dispositif prodeltaïque à deux composantes sédimentaires disposées en relais latéral. L'ensemble montre une polarité vers le sud, représentative de la marge nord-aquitaine (Bilotte, 2007) :

- Au nord, un complexe sédimentaire de 100 à 250 m d'épaisseur, de type deltaïque, regroupé dans la Formation de la Montagne des Cornes (Rolland du Roquand, 1841), au sein duquel se développent des bioconstructions récifales à rudistes qui occupent les trois reliefs de la Montagne des Cornes, des Cloutets et du Brenz.

- Au sud, La Formation des Marnes bleues de Sougraigne (Toucas, 1879), uniformément constituée de 100 à 250 m de marnes micacées, fines, témoignant d'un milieu de dépôt plus profond, de type prodeltaïque.

- Des faciès de transition et des indentations entre ces deux formations concourent à la complexité de la succession lithostratigraphique des environs de Sougraigne où divers faciès intermédiaires, latéralement bien délimités, ont été individualisés sous diverses dénominations désignant des membres lithologiques très localisés tels les « Calcaires à Lima », les « Marnes à Turritelles et Corbules », les « faciès terrigènes à ossements de Mosasaures », ou encore les « Marnes du Moulin Tiffou ». La coupe historique du Chemin de Sougraigne aux Cloutets recoupe certains d'entre eux.

Étude systématique, par Xavier Chaix

Embranchement : Mollusca

Classe : Gastropoda

Sous Classe : Orthogastropoda

Ordre : Vetigastropoda

Sous-Ordre : Pleurotomariina

Super-Famille : Pleurotomarioidea

Swaison, 1840

Famille : Pleurotomariidae Fischer, 1885

Genre : *Bathrotomaria* Cox, 1960

Espèce-type : *Trochus reticulatus* J. Sowerby (1821)

***Bathrotomaria delpeyi* nov. sp.**

Fig. 13A-D

Localité et strate types : L'Holotype provient de la Formation des Marnes bleues de Sougraigne, sous le chemin des Cloutets, à Sougraigne, où il a été trouvé en place.

Holotype : Spécimen K10617 (**Fig. 13A-D**), conservé dans les collections du Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse. L'Holotype est un individu adulte de 47 mm de hauteur, 53 mm de largeur du dernier tour, avec un angle de croissance de 120°.

Origine du nom : Dénommé en l'honneur de Geneviève Delpey (devenue Mme Termier), pour ses travaux sur les faunes de Gastéropodes du Crétacé supérieur.

Diagnose :

Le bon état de conservation de notre spécimen, permet une description précise de ce nouveau taxon. Cette espèce trochiforme, de taille moyenne, est composée d'une dizaine de tours légèrement concaves, s'étageant nettement les uns par rapport aux autres. La sélénizone (= échancrure siphonale se refermant avec l'accroissement de la coquille) est nettement visible. En zone adapicale (= en direction de l'apex), l'ornementation se compose de trois à quatre cordonnets présentant de très gros tubercules inclinés. En zone abapicale (= tournée vers l'ouverture), les tubercules sont beaucoup plus petits et les cordonnets nettement plus nombreux. La base s'incline légèrement vers l'ombilic et porte de nombreux cordons noduleux séparés par d'étroits intervalles. L'ouverture, de forme générale étroite allongée, est arrondie vers l'extérieur, puis bombée en s'inclinant progressivement vers la columelle.

Comparaisons :

Le taxon le plus proche est *Bathrotomaria galliennei* (d'Orbigny, 1843, p. 256, pl. 197, fig. 1-5), espèce récoltée dans de nombreux gisements d'âge Turonien.

Notre fossile aurait pu s'y rapporter, cependant d'après Kollmann (2005, p.108-109, pl. 12, fig. 3a-b), la figuration de ce fossile est composite, interprétée et en désaccord avec les échantillons retrouvés dans la collection d'Orbigny ; « aucun de ceux-ci ne peuvent permettre de désigner un lectotype pour cette espèce ».

Un échantillon étiqueté « *Pleurotomaria galliennei* (d'Orbigny) », non numéroté, a été retrouvé dans ce

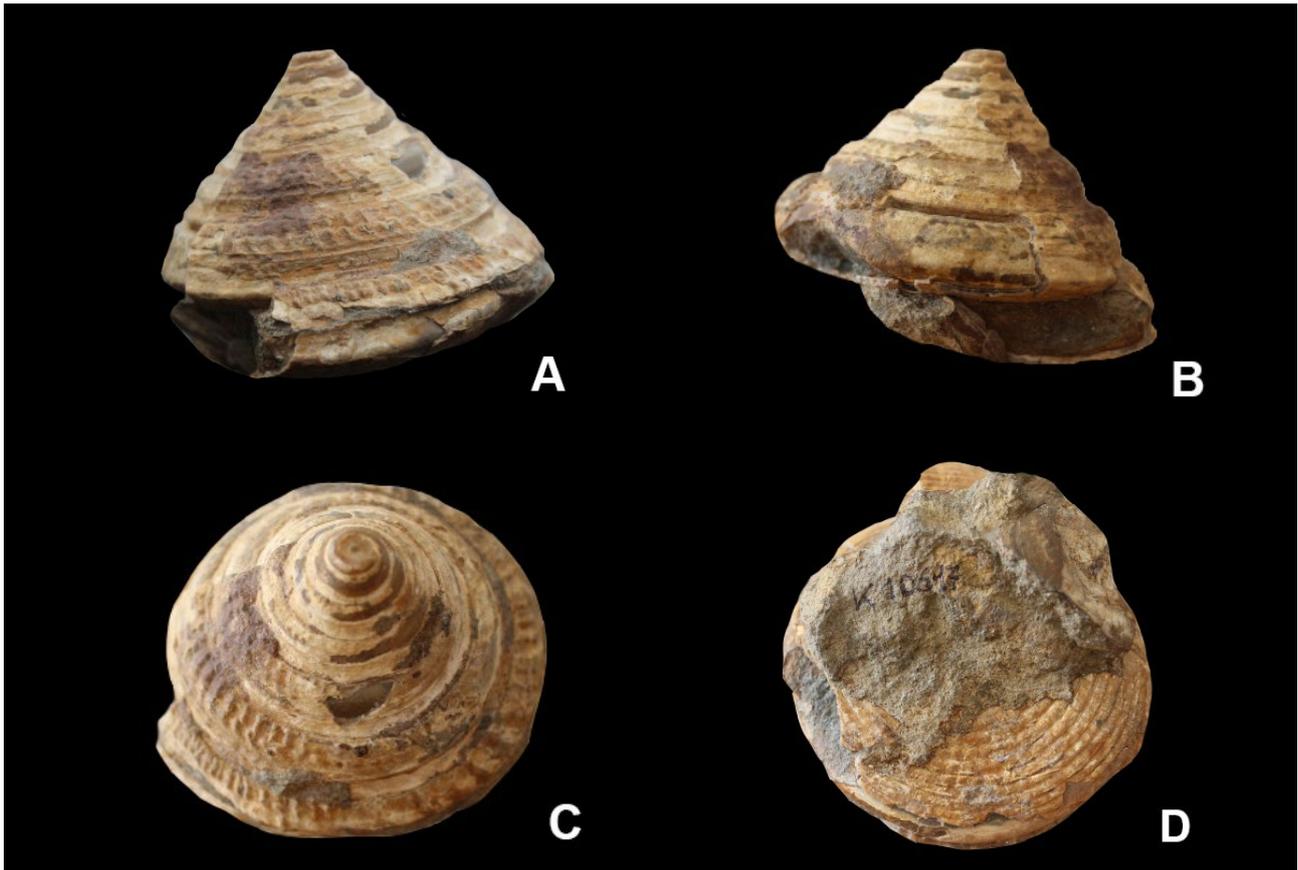


Fig. 13A-D - *Bathrotomaria delpeyi* nov. sp. **Holotype** K10617. Sous le chemin des Cloutets, à Sougraigne. Sauf mention particulière, tous les échantillons sont figurés en taille réelle. Photos Jérôme Plicot.

qui reste de la collection Sénesse, conservée à l'Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (Hérault). Ce taxon est fréquent dans les Marnes bleues du Santonien supérieur de la région de Sougraigne (Aude). Il doit être rattaché à notre nouvelle espèce.

Âge : Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous-zone à Paraplanum.

Matériel complémentaire : Deux exemplaires complémentaires K11667 et K11668. Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

***Bathrotomaria bilottei* nov. sp.**

Fig. 14A, B

Localité et strato types : L'holotype et le paratype proviennent de la Formation des Marnes bleues de Sougraigne, sous le chemin des Cloutets à Sougraigne où ils ont été trouvés en place.

Holotype : Spécimen n° K11625 (**Fig. 14A, B**) de

la collection Chaix, conservé au Muséum d'Histoire Naturelle de Toulouse. L'holotype est un individu adulte de 55 mm de hauteur et 85 mm de largeur du dernier tour. L'angle de croissance n'est pas mesurable.

Paratype : Spécimen n° K11699 (non figuré) de la collection Chaix, conservé au Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois.

Origine du nom : En l'honneur du Professeur Michel Bilotte, pour ses travaux décisifs sur le Crétacé supérieur des Corbières méridionales.

Diagnose :

Cette grande espèce est caractérisée par son galbe s'évasant progressivement avec l'accroissement de la spire et s'accroissant au niveau des derniers tours, ce qui permet de la distinguer très facilement. La sélénizone sépare la zone adapicale, portant de fines lignes concentriques ponctuées obliquement, de la zone abapicale nettement plus étroite, portant le même type d'ornementation. La base s'incline légèrement vers l'ombilic et porte de nombreux cordons recoupés par des lignes perpendiculaires allant du bord de la



Fig. 14A, B - *Bathrotomaria bilottei* nov. sp. **Holotype** K11625. Chemin des Cloutets, à Sougraigne.

coquille vers la partie centrale. Le test, épais au niveau du bord, recouvre à son début la face abapicale du tour et ce presque au-dessus de la sélénizone, puis il s'arrondit et s'élève en suivant l'ornementation de la base, pour se replier en direction de l'ombilic.

Comparaisons et justification de l'espèce nouvelle :

La morphologie de notre espèce est assimilable à celle du *Leptomaria santonensis* (d'Orbigny, 1843) figuré par Delpey (1954, p. 327, fig. 11). L'auteur précise que cet échantillon a été récolté dans les années 1930, par Sénése, à la base du Santonien supérieur de La Jouane, près de Sougraigne. Nous avons retrouvé le vraisemblable original du fossile figuré (mais non numéroté) dans la collection Sénése (Faculté des Sciences de Montpellier) où il porte bien l'étiquette « *Leptomaria santonensis* (d'Orbigny, 1843), La Jouane ».

Le taxon *Leptomaria santonensis* (d'Orbigny, 1843), pose de multiples problèmes de nomenclature.

- L'appellation « *santonensis* » est celle indiquée par d'Orbigny sur sa figuration (pl. 198, fig. 1-3), alors que, dans le texte (p. 258-259), l'auteur de la Paléontologie française l'indique sous le nom de « *santonea* » en précisant, entre autres gisements signalés « *et par moi à Soulage Aude* » (pour Soulatge).

- La révision critique de sa collection par Kollmann (2005, p. 109), indique que pour cette espèce, aucun des spécimens retrouvés ne peut être à l'origine de sa figuration, car cette dernière, très certainement fortement idéalisée « *a été réalisée sur la base de*

spécimens (moules internes, fragments de test) appartenant à différents taxons ». Kollmann considère donc *Pleurotomaria santonea* comme « *species incerta* ».

Afin d'éviter toute ambiguïté, il nous a semblé préférable de créer, pour ce fossile de Sougraigne, une nouvelle espèce que nous rattachons au genre *Bathrotomaria*, en raison de la position de la sélénizone (selon la classification de Cox, 1960).

Âge : Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous-zone à Paraplanum.

***Bathrotomaria formosa* (Leymerie, 1842)**

Fig. 15 A, B

1842 - *Pleurotomaria formosa* Leymerie, p. 13, pl.16, fig. 12 a, b.

1843 - *Pleurotomaria formosa* Leymerie. D'Orbigny, p. 259, pl. 199, fig. 1, 2.

Holotype : Espèce décrite par Leymerie (1842), pour un fossile du Cénomaniens provenant de la craie de Saint-Parres-aux-Tertres, près de Troyes (Aube) et dont le type n'a jamais été retrouvé. Il s'agissait d'un individu de petite taille (hauteur : 15 mm, diamètre : 45 mm).

Dimensions :

- K11626 (**Fig.15**) : Hauteur : 19 mm ; largeur du dernier tour : 40 mm ; angle de croissance : 145°.

Description :

Espèce de forme conique, dont les tours s'étagent en gradins, portant une carène au niveau de la sélénilzone. Tours plans au niveau de la zone abapicale, mais légèrement bombés au niveau de la zone adapicale. L'ornementation est la même pour les deux zones. Elle est formée d'environ 6 à 8 cordons ponctués. La base de la coquille est ornée de fins cordons spiraux crénelés, légèrement convexes. L'ouverture, mal conservée, ne permet pas une bonne description.

Remarques :

Après sa première description par Leymerie, l'espèce est figurée par d'Orbigny dans la Paléontologie française (1843, p. 259, pl. 199, fig. 1-2).

Lors de la révision de la collection d'Orbigny, Kollmann (2005) précise qu'aucun des spécimens retrouvés ne correspond à ce taxon. Après recherches, seule la collection Dupin, conservée à l'Université de Lyon-Villeurbanne (Rhône), permet de retrouver un moule interne noté « figuré par d'Orbigny », provenant d'Auxon (Aube). Cet échantillon est de taille plus importante (hauteur : 25 mm, diamètre : 75 mm) mais comme le précise Kollmann, la figuration de la Paléontologie française est inexacte « la face supérieure des tours est représentée concave au lieu de plane, la périphérie du dernier tour est en réalité beaucoup moins aigüe et le bord de l'ombilic est dépourvu de tout épaulement, contrairement à

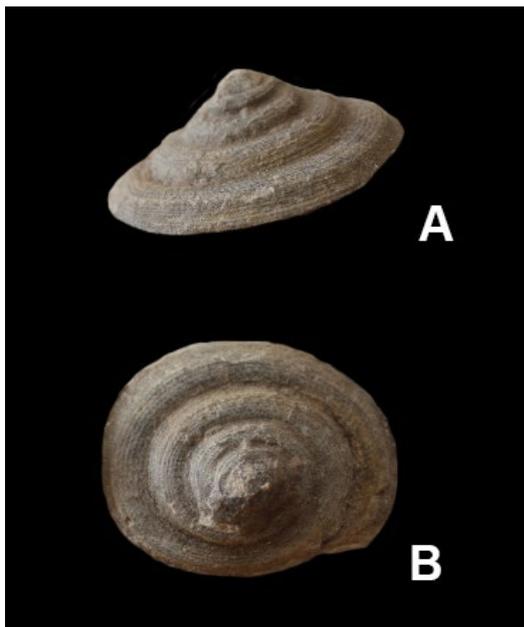


Fig. 15A, B - *Bathrotomaria formosa* (Leymerie, 1842 K11626. La Coume, à Sougraigne (x 1,25).

ce que montre le dessin ». La nouvelle description de Kollmann (p. 210), illustre bien notre spécimen : caréné à la sélénilzone, spires planes, ornementation spirale fine, base modérément convexe. Ces observations nous confirment que notre échantillon est bien à attribuer au taxon *Bathrotomaria formosa* (Leymerie, 1842).

Delpey (1954) décrit succinctement cette espèce, mais sans figuration. Elle la signale également dans le Coniacien supérieur de la Montagne des Cornes (collection Toucas) et sur la rive droite de La Caune, côté est (collections Sénése, Toucas et Jacob).

Noter qu'elle indique dans la synonymie de notre taxon, *Pleurotomaria secans* (d'Orbigny, p. 261, pl. 200, fig. 1-4), espèce considérée par Kollmann (2005, p. 111), comme « *species dubia* », dont le type n'a jamais été retrouvé, et qui n'a jamais été reprise par aucun auteur.

Âge et provenance : Coniacien et Santonien inférieur. Formation des Marnes bleues de Sougraigne. La Coume à Sougraigne (Aude).

Matériel étudié :

- La Coume : 3 ex. n°K11626 (**Fig. 15**), K11667 et K11668. Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois

Bathrotomaria perspectiva* (Mantell, 1822)*Fig. 16 et 17A, B**

1822 - *Cirrus perspectivus* Mantell, pl. 18, fig. 1-2.

1822 - *Trochus linearis* Mantell, pl. 18, fig. 16.

1822 - *Cirrus depressus* Mantell, pl. 18, fig. 22.

1823 - *Cirrus perspectivus* J. de C. Sowerby, pl. 178, fig. 1-2.

1823 - *Cirrus depressus* J. de C. Sowerby, pl. 178, fig. 3.

1837 - *Pleurotomaria distincta* Dujardin, pl. 17, fig. 6 a-b.

1843 - *Bathrotomaria perspectiva* (Mantell). d'Orbigny, pl. 196, fig. 1-5.

1960 - *Bathrotomaria perspectiva* (Mantell). Cox, pl. 58, fig. 1-3, pl. 59, fig. 1-3, pl. 60, fig. 2.

2005 - *Bathrotomaria perspectiva* (Mantell). Kollmann, pl. 11, fig. 10.

Holotype : *Cirrus perspectivus* (Mantell, 1822), conservé au British Muséum de Londres (Grande-Bretagne).

Dimensions :

- K10699 (**Fig. 16**) : hauteur : 15 mm ; largeur du dernier tour : 30 mm ; angle de croissance : 107°.



Fig. 16 - *Bathrotomaria perspectiva* (Mantell, 1822). K10699. Chemin des Cloutets, à Sougraigne (x 1,25).

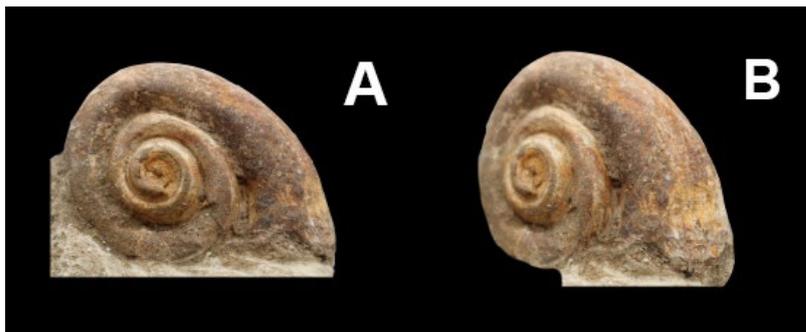


Fig. 17A, B - *Bathrotomaria perspectiva* (Mantell, 1822). K11597. Chemin des Cloutets, à Sougraigne (x 1,25).

- K11597 (**Fig. 17A, B**) : hauteur : 20 mm ; largeur du dernier tour : 28 mm ; angle de croissance : 106°.

Description :

Nos deux spécimens sont des moules internes de taille moyenne. Chaque tour de spire est formé de deux zones séparées par une angulation située aux trois quarts de sa hauteur. Cette dernière est plane et inclinée dans la même direction. La région située au niveau de l'épaule (correspondant à la sélénezone) est nettement arrondie sur le dernier tour. Son ornementation est formée de fins cordons spiraux ponctués de granulations. La base est largement convexe. Le mauvais état de conservation de nos fossiles ne permet pas d'apporter plus de détail, en particulier sur la région ombilicale.

Remarques :

Bathrotomaria perspectiva est une espèce extrêmement variable, comme l'admet Cox (1960, p. 406), dont la large répartition stratigraphique dans le Crétacé sud-européen, s'étend du Cénomaniens au Santonien.

D'Orbigny (1843) signale que Requiem l'aurait récolté à Soulatge (Aude) (gisement d'âge Coniacien), mais d'après Kollmann (2005, p. 108), les exemplaires de la collection Requiem (Musée d'Histoire Naturelle d'Avignon, Vaucluse) seraient deux moules internes d'attribution douteuse.

Delpy (1954, p. 329), signale la présence de *Leptomaria perspectiva* dans le « Campanien de Guillaugen et le Maestrichtien (Dordonnien) de Siorac-Riberac et de Neuvic (collection Arnaud) », gisements situés en Dordogne. Sa description n'est accompagnée d'aucune figuration précise : « gros pleurotomaire à très grand angle pupoïde, tours convexes et base plane ornée de cordons longitudinaux, la bandelette est

médiane ». Elle ne semble pas pouvoir correspondre à notre taxon. À notre connaissance, cette espèce n'a jamais été récoltée par Sénesse.

Âge et provenance : Santonien supérieur, Zone à *Polyopsis*, Sous-zone à *Paraplanum*. Formation des Marnes bleues de Sougraigne, sur le chemin des Cloutets.

Matériel :

- K10699 (**Fig. 16**) et K11597 (**Fig. 17**). Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

Genre : *Pleurotomaria* DeFrance, 1826

Espèce-type : *Trochus anglicus* J. Sowerby, 1818

Pleurotomaria plicoti nov. sp.

Fig. 18A, B

Localité et strate types : L'Holotype provient de la Formation des marnes bleues de Sougraigne, où il a été récolté en place au niveau du vieux cimetière de Sougraigne (Aude).

Holotype : Spécimen K11598 (**Fig. 18A, B**) conservé dans les collections du Musée d'Histoire naturelle de Toulouse. L'Holotype est un individu adulte de 80 mm de hauteur, dont le diamètre du dernier tour est de 95 mm. L'angle de croissance n'a pu être mesuré.

Origine du nom : dénommé ainsi en l'honneur de Jérôme Plicot, découvreur de cette espèce.

Diagnose :

Cette espèce de grande taille comporte environ 10 tours caractérisés par leur agencement en gradins

successifs qui s'accroissent avec la croissance. Sa base est plane et porte une douzaine de larges cordons séparés par d'étroits intervalles. L'ornementation, mal conservée, se compose d'une dizaine de cordons ponctués. La sélénizone, difficilement visible, sépare une zone abapicale étroite, ornée de quelques cordons, d'une zone adapicale beaucoup plus large. L'ouverture n'est pas visible.

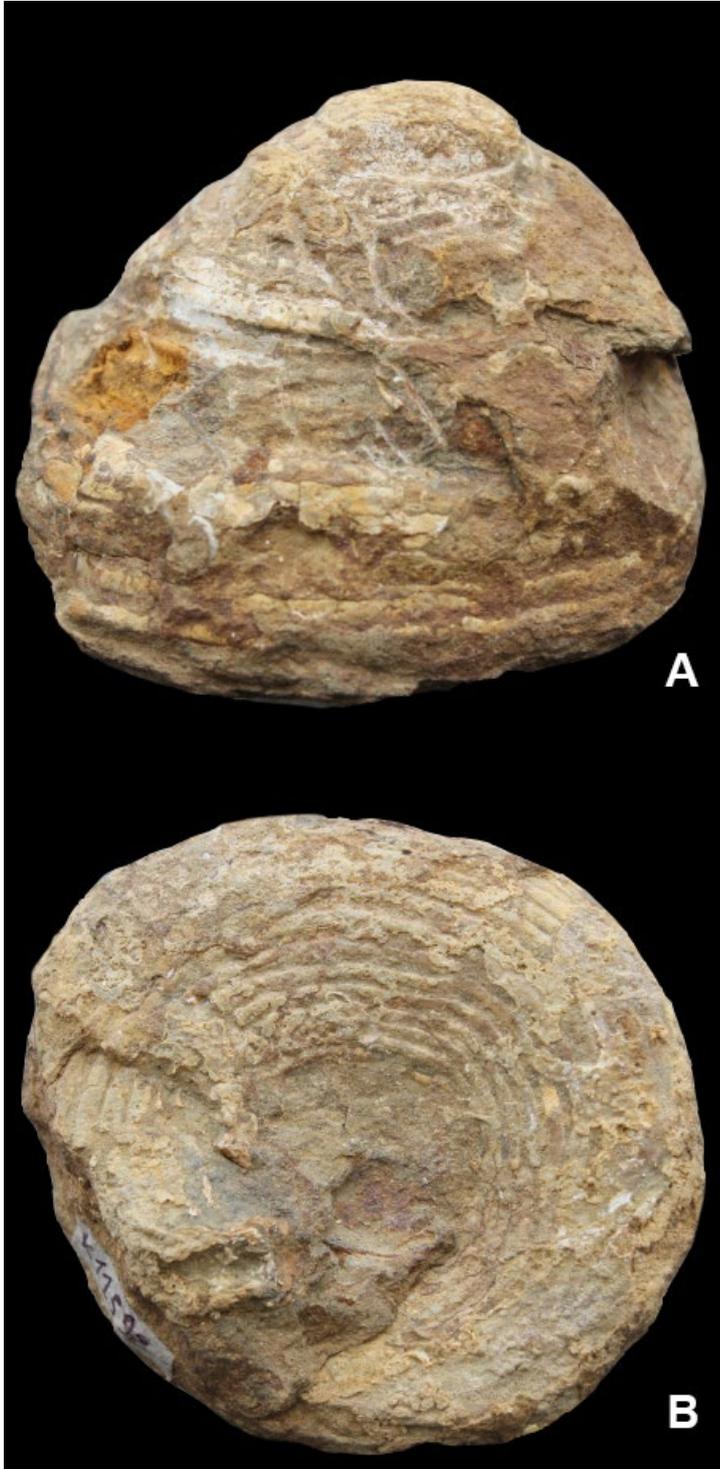


Fig. 18A, B - *Pleurotomaria plicoti* nov. sp. **Holotype** K11598. Vieux cimetière de Sougraigne.

Justification d'une nouvelle espèce :

La figuration et la description qui se rapprochent le mieux de notre spécimen sont celles données par Delpy (1954) sur un échantillon de la collection Toucas dénommé *Pleurotomaria michelini* (d'Archiac, 1854) (exemplaire non retrouvé à ce jour), provenant du Santonien des Corbières.

Mais il existe une trop forte différence de taille entre le spécimen figuré par Delpy et le *Pleurotomaria michelini* de d'Archiac, pour permettre de les assimiler à une même espèce (hauteur 35 mm pour la première espèce, hauteur 80 mm pour la seconde). Les deux fossiles ont cependant d'importantes similitudes au niveau de l'ornementation, du nombre des tours, de la position de la sélénizone, ainsi que de la base. Ils proviennent tous deux du Santonien supérieur des environs de Sougraigne (Aude). D'Archiac (1854) signale « sur la coupe géologique des environs des Bains de Rennes... » que son fossile provient d'un lot « qui lui a été remis par M. Michelin, provenant de l'assise n° 8 », qui au vu de sa faune, correspond bien au Santonien supérieur.

Nous pensons également (et sous réserve de retrouver l'exemplaire original), que cette confusion est due en partie à la figuration très certainement « enjolivée », qui en est faite pour d'Archiac. Il est en effet difficile de trouver à ce niveau des fossiles aussi bien conservés. Remarquons que cet auteur précise, de façon très contradictoire (p. 229), que « si l'ouverture nous était mieux connue », alors que le dessin de la dite ouverture est extrêmement précis et le dessin très soigné.

En conclusion, si notre taxon correspond bien à la figuration de Delpy, nous ne pouvons retenir pour lui le nom de l'espèce *michelini*, ce qui justifie de placer ce fossile dans une espèce nouvelle que nous nommons ici : *Pleurotomaria plicoti*.

L'attribution au genre *Chelotia* donnée par Delpy (1954), ne peut être retenue, car ce taxon, n'est connu que dans l'Eocène d'Europe (voir Moore 1960, p. 1220). Nous plaçons notre spécimen dans le genre *Pleurotomaria* (Defrance, 1826), en se référant à la classification de Cox (1960) et plus précisément au tableau synthétique des Pleurotomariidés du Crétacé réalisé par Kollmann (2005, p. 233).

Âge : Santonien supérieur (Zone à *Polyopsis*, Sous-zone à *Paraplanum*).

Famille : Turbinidae Rafinesque, 1815

Sous famille : *Astraeinae* Davies, 1933

Genre : *Astraea* Röding, 1798

Espèce-type : *Trochus imperialis* Gmelin, 1791

***Astralium radiatum* (Zekeli, 1852)**

Fig. 19A, B et 20A, B

1852 - *Delphinula radiata* Zekeli, pl. 10, fig. 9.

1852 - *Astralium muricata* Zekeli, pl. 10, fig. 7a, b.

Holotype : *Delphinula radiata* (Zekeli, 1852) du Crétacé supérieur de Gosau (Autriche), conservé au Musée d'Histoire Naturelle de Vienne (Autriche).

Dimensions :

- K11627 (Fig. 19A, B) : Hauteur : 25 mm ; diamètre dernier tour : 52 mm ; angle de croissance non mesurable.

- K11628 (Fig. 20A, B) : Hauteur : 48 mm ; diamètre dernier tour : 60 mm ; angle de croissance non mesurable.

Description :

Espèce de grande taille, dont la coquille est épaisse et nacrée. La spire est composée de 5 à 6 tours étagés et très jointifs, se terminant par une carène évasée portant de longues et larges épines. Ces dernières, en nombre variable selon la croissance (15 à 20 environ), s'imbriquent dans la partie apicale du tour supérieur (vers l'apex). Cette zone porte également des cordonnets granuleux et des côtes plus ou moins noduleuses penchant vers la gauche (ophistoclines), se transformant parfois, selon les échantillons, en d'épaisses granulations plus ou moins arrondies. La zone abapicale (tournée vers le haut) porte un nombre croissant de cordonnets granuleux. La base porte au niveau de la carène épineuse, de très nombreuses lignes festonnées, puis en se dirigeant vers la zone ombilicale, deux cordons granuleux. Le second présente des ponctuations plus grosses. La suite de la zone ombilicale laisse supposer des lamelles d'accroissement. Le moule interne présente des spires très arrondies concaves et des sutures profondes.

Remarques :

Cette espèce, selon les divers échantillons que nous avons pu consulter dans des collections privées, varie

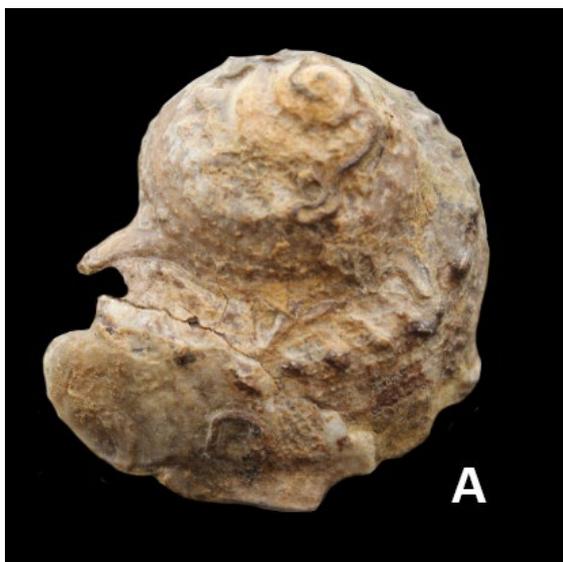


Fig. 19A, B - *Astralium radiatum* (Zekeli, 1852). K11627. Chemin des Cloutets à Sougraigne



Fig. 20A, B - *Astralium radiatum* (Zekeli, 1852). K11628. Chemin des Cloutets à Sougraigne

tout particulièrement, par la présence ou l'absence de nodosités sur les tours.

Une espèce voisine, *Astraea acuta* (Zekeli, 1852), a été récoltée par Sénése dans le Santonien supérieur de la Jouane et dans le lit de L'eau Salée, à Sougraigne. Delpy (1942, p. 28) ne la décrit ni ne la figure. Nous pensons que ce taxon pourrait très certainement être rattaché à notre espèce.

Curieusement la disposition des épines que présente notre fossile est très proche de celle adoptée par le genre *Hystriceras* (Jahn, 1894) du Silurien supérieur de Tchécoslovaquie, sans doute faut il y voir une adaptation à des milieux proches.

A noter que les terminaisons des noms spécifiques données par Zekeli (1852) en « ta », ont été actualisées en « tum » par Stoliczka en 1865, forme nomenclaturale que nous avons conservée.

Âge et provenance : Chemin des Cloutets à Sougraigne (Aude). Formation des Marnes bleues de Sougraigne. Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous-zone à Paraplanum.

Matériel étudié : 2 ex. K11627 (**Fig. 19**) et K11628 (**Fig. 20**). Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

Genre : *Coelobolma* Cossmann, 1918

Espèce-type : *Coelobolma corbarica*
Cossmann, 1918

Coelobolma corbarica Cossmann, 1918

Fig. 21A, B

1918 - *Coelobolma corbarica* Cossmann, p. 150, pl. 5, fig. 4, 5.

1942 - *Bolma corbarica* Delpy, p. 26, fig. 20, 21.

1985 - *Coelobolma corbarica* Kollmann, p. 93, fig. 3e-i.

1993 - *Coelobolma corbarica* Metwally, p. 336, pl 1, fig. 3a, b.

Holotype : *Coelobolma corbarica* Cossmann, 1918, conservé dans les collections du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (France). Non vérifié.

Dimensions :

- K11591 (**Fig. 21A**) : Hauteur : 32 mm ; largeur dernier tour : 60 mm ; angle de croissance non mesurable.

- K11592 (**Fig. 21B**) : Hauteur : 45 mm ; largeur dernier tour : 60 mm ; angle de croissance non mesurable.

Description :

Coquille turbiniforme (qui ressemble à une toupie), environ deux fois plus haute que large, formée de 5 à 6 tours de spire. La zone adapicale (= vers l'apex) est légèrement convexe, ornée de cordons dont le nombre augmente avec l'âge, portant un très grand nombre de petits nodules écailleux. La zone abapicale (= vers l'ouverture), porte également des cordonnets, mais ornés de forts tubercules. Le dernier tour occupe environ les trois-quarts de la hauteur totale, les deux zones adapicale et abapicale sont séparées par une nette carène aigüe. La base, légèrement convexe, porte de larges lamelles d'accroissement, caractéristiques de ce taxon. Le test, quand il est conservé, est nacré. L'ouverture est subcirculaire, très oblique, à bord pariétal épais et largement étalé. Le bord columellaire est court avec une callosité s'étendant jusqu'au centre de la base. Le bord basal est fortement incurvé dans le prolongement du bord columellaire.

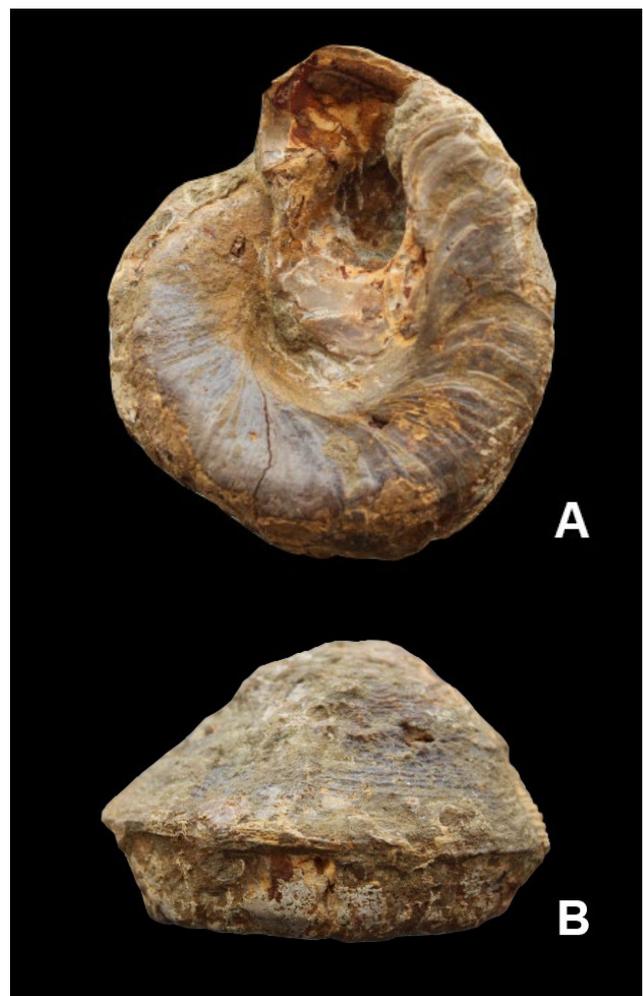


Fig. 21 - *Coelobolma corbarica* Cossmann, 1918. **Fig. 21A** : K11591 ; **Fig. 21B** : K11592. Rive droite de La Coume à Sougraigne

Remarques :

Ce taxon n'a été trouvé que dans le Crétacé supérieur de la région de Sougraigne (Aude) où il est relativement rare.

Une espèce très voisine par son ornementation, *Astralium magnum*, a été décrite par Repelin (1907, p. 42, pl. 6, fig. 5-8) dans le Campanien inférieur saumâtre du Plan d'Aups (Var). D'après Delpy (1942) ce taxon se distinguerait de *Coelobolma corbarica* « par sa base non convexe ou pliée et non plane » ; cependant les figurations de Repelin, ne sont pas convaincantes et nous proposons de rattacher ce taxon à notre espèce.

Coelobolma corbarica a été signalée avec doute dans le Campanien-Maestrichien d'Arabie, de la formation d'Aruma (Gameil & Sorogy, 2015, p. 4).

Âge et provenance : Santonien supérieur, zone à Polyopsis, Sous-zone à Paraplanum. Rive droite de La Coume à Sougraigne (Aude). Formation des Marnes bleues de Sougraigne.

Matériel : 2 ex. K11591 (Fig. 21a) et K11592 (Fig. 21b). Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

Ordre : Caenogastropoda Cox, 1959

Superfamille : Xenophoridae Troschel, 1852

Famille : Xenophoridae Troschel, 1852

Genre : Xenophora : Fischer von Waldheim, 1807

Espèce-type : *Phorus agglutinans* Lamarck, 1873

***Xenophora grasi* Matheron, 1843**

1920 - *Xenophora grasi* (Matheron). Roman & Mazeran, p. 42, pl. 4, fig. 28, 28 a, pl. 5, fig. 15, 15 a-b.

Holotype : *Astralium grasi* Matheron, conservé dans la collection au Muséum d'Histoire Naturelle de Marseille (Bouches du Rhône).

Dimensions : Hauteur : 3 mm ; largeur du dernier tour : 17 mm ; angle spiral non mesurable.

Description :

Coquille très aplatie et de petite taille pour un Xenophoridae, composée de 4 à 5 tours dont l'accroissement est très rapide. Le mauvais état de conservation du fossile ne permet pas de distinguer son ornementation spirale, si ce n'est la présence de

« corps étrangers » fixés sur sa coquille. La base est nettement déprimée et porte sur son pourtour une carène très certainement denticulée sur ses bords. Malgré l'absence de caractères plus précis, nous rattachons notre fossile à l'espèce *Xenophora grasi* (Matheron).

Remarques :

Cette espèce est signalée pour la première fois dans le Crétacé supérieur des Corbières à Sougraigne (Aude).

Lebrun *et al.* (2018), signalent que *Xenophora grasi* serait le plus ancien représentant des Xenophoridae, trouvés en France. Ce taxon a été récolté pour la première fois par Matheron (1843), mais il ne l'a ni décrit, ni figuré ; son étiquette porte cependant la mention « Mornas, Vaucluse » et provient des niveaux du Crétacé gréseux de cette localité. Ultérieurement ce taxon est décrit et figuré par Roman & Mazeran (1920). Il est conservé dans la collection Matheron du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille (Bouches-du-Rhône).

Âge et provenance : Chemin de Sougraigne au Brenz, Formation des Marnes bleues de Sougraigne. Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous-zone à Paraplanum.

Matériel étudié : 1 ex. K11596 conservé à l'état de fragments non figurables. Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

Genre : Xenophora Fischer von Waldheim, 1873

Espèce-type : *Phorus agglutinans* (Lamarck, 183)

***Xenophora plicata* (Zekeli, 1852)**

Fig. 22 A-C

1852 - *Phorus plicatus*, Zekeli, pl. 11, fig. 5a-b.

Holotype : *Phorus plicatus* (Zekeli), du Crétacé supérieur de Gosau (Autriche), conservé au Muséum d'Histoire Naturelle de Vienne (Autriche).

Dimensions : Hauteur : 20 mm ; hauteur reconstituée : 25 mm ; diamètre du dernier tour : 24 mm ; angle de croissance : 31°.

Description :

Fossile conservé sous forme d'un moule interne, formé de 5 à 6 tours étagés et séparés par une suture bien visible. Aucune trace d'ornementation n'est



Fig. 22A-C - *Xenophora plicata* (Zekeli, 1852). K11563. Chemin de Sougraigne au Brenz, à Sougraigne (x 1,25).

conservée, mais ce spécimen présente nettement, comme chez tous les *Xenophoridae*, des dépressions irrégulières correspondant à la zone d'adhérence de corps étrangers marins. L'ouverture est quadrangulaire et légèrement inclinée. La base est lisse et s'incurve vers l'ouverture, au fur et à mesure de la croissance.

Remarques :

Même si au Crétacé les *Xenophoridae* ont une large répartition géographique, ils ne sont connus que par très peu d'exemplaires, le plus souvent en mauvais état de conservation et sous forme de moule interne. Notre échantillon n'en a que plus d'intérêt. Cette espèce a été signalée par Delpy (1942, p.197) dans le Santonien supérieur, remanié au Campanien inférieur, des marnes à *Actinocamax* au nord-ouest de Parahou-Grand (Aude).

Comparaisons :

Nous ne pouvons pas rattacher à cette espèce les taxons suivants :

- *Xenophora onustus* (Nilsson, 1827) du Santonien-Campanien, dont l'angle spiral est beaucoup plus grand, taxon dont le nom devient invalide, étant un homonyme primaire plus récent du taxon *Trochus onustus* (Lightfoot, 1787), qui est une espèce actuelle.
- *Xenophora canaliculata* (d'Orbigny, 1842), du Campanien de Royan (Charente-maritime), espèce mal définie, comme le précise Kollmann (2005) qui, d'après la figuration de d'Orbigny (1843 pl. 176, fig. 13-14) est caractérisée par la présence d'un très net sillon basal. Aucun échantillon correspondant n'a été retrouvé dans sa collection ou même inscrit dans le catalogue (Kollmann, 2005, p. 68).

Âge et provenance : Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous zone à Paraplanum, Chemin de Sougraigne au Brenz, à Sougraigne. Formation des Marnes bleues de Sougraigne.

Matériel étudié : 1 ex. K11563 (Fig. 22). Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

Ordre : Caenogastropoda Cox, 1959

Famille : Cypraeidae Rafinesque, 1815

Sous famille : Cypraeinae Raphinesque, 1815

Genre : *Cypraea* Linné, 1758

Espèce-type : *Cypraea tigris* Linné, 1758 (par désignation postérieure)

***Cypraea* cf. *rostrata* Zekeli, 1852**

Fig. 23A, B

cf. 1852 - *Cypraea rostrata* Zekeli, pl. 11, fig. 10 a, b, c.

Holotype : *Cypraea rostrata* (Zekeli, 1852) du Crétacé supérieur de Gosau (Autriche), conservé dans les collections du Musée d'Histoire Naturelle de Vienne (Autriche).

Dimensions : Hauteur : 58 mm ; largeur maximum : 35 mm ; épaisseur : 17 mm.

Description :

C'est cependant avec quelques doutes que nous rapprochons notre spécimen de l'espèce de Zekeli. Il s'agit d'un moule interne légèrement aplati, appartenant à une grande espèce, dont les pointes des deux extrémités ne sont pas conservées dans leur intégralité. Sa face dorsale est faiblement bombée, de forme ovoïde, se rétrécissant toutefois vers son extrémité apicale. Sa face ventrale, aplatie et étroite, porte sur la presque totalité de son côté gauche une vingtaine de fortes dents labiales, allongées et séparées par des intervalles équidistants. Le mauvais

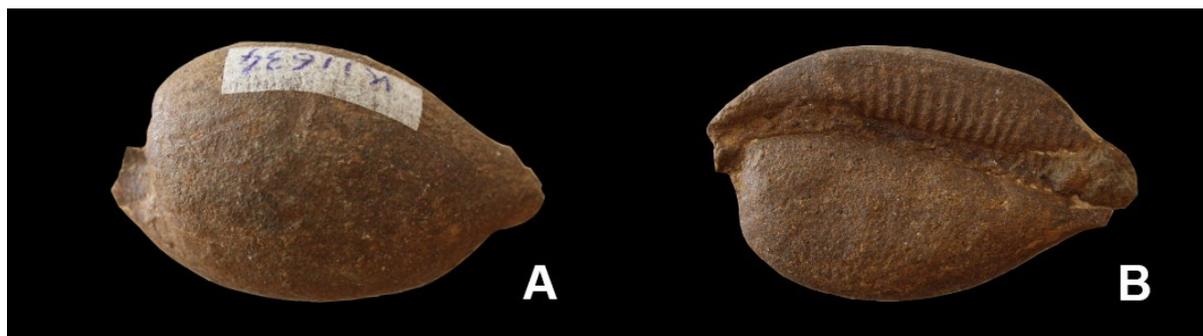


Fig. 23A, B - *Cypraea* cf. *rostrata* Zekeli, 1852. K11634. Chemin des Cloutets, à Sougraigne.

état de conservation ne permet pas de confirmer la présence de plis terminaux. Le côté droit, ne porte aucune dent visible. La fossula n'est également pas observable.

Remarques : Rappelons que les *Cypraea* du Crétacé sont rares et généralement de petite taille. Cette espèce est pour la première fois trouvée dans le Crétacé supérieur des Corbières, à Sougraigne (Aude).

Âge et provenance : Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous-zone à Paraplanum. Chemin des

Cloutets, à Sougraigne. Formation des Marnes bleues de Sougraigne.

Matériel étudié : 1 ex. K11634 (**Fig. 23**). Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

Remerciements. À Philippe Fauré pour ses conseils quant à la compréhension de la stratigraphie des terrains prospectés et pour son aide précieuse à la rédaction de la partie introductive. À Peter Culleton, pour la traduction anglaise du résumé.

Références

Archiac A. d' (1854) - Coupe géologique des environs des Bains de Rennes (Aude), suivie de la description de quelques fossiles de cette localité. *Bulletin de la Société Géologique de France*, Paris, (2), 11 : 185-230.

Bilotte M. (2007) - Permanence, au Crétacé supérieur, de la position de la limite de la plate-forme/bassin dans la zone sous-pyrénéenne orientale (Aude, France). Implications géodynamiques. *Géologie de la France*, 1 : 33-53.

Chaix X. & Plicot J. (2018) - Les Gastéropodes du Santonien supérieur (Crétacé supérieur) des Corbières méridionales, aux environs de Sougraigne (Aude) (première étude). *Carnets natures*, 5 : 17-33 <https://carnetsnatures.fr/>

Cossmann M. (1896-97) - Observations sur quelques coquilles crétaciques recueillies en France. *Association française pour l'avancement des Sciences*, Paris (Congrès de Carthage) : 243-269.

Cossmann M. (1902) - Observations sur quelques coquilles crétaciques recueillies en France (5^e article). *Association française pour l'avancement des Sciences*, Paris, 31^e session (Congrès de Montauban) : 539-557.

Cossmann M. (1903) - Observations sur quelques coquilles crétaciques recueillies en France. (6^e article) *Association française pour l'avancement des Sciences*, Paris, 32^e session (Congrès d'Angers) : 626-632.

Cossmann M. (1918) - Les coquilles des calcaires d'Orgon. *Bulletin de la Société Géologique de France*, Paris, 4, 16 : 336-441.

Cox L.R. (1960) - The British Cretaceous Pleurotomariidae. *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, London, 4 : 385-423.

Delpy G. (1938) - Gastéropodes recueillis par P. Sésenne dans le Santonien supérieur des Corbières. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, 72 : 155-162.

Delpy G. (1942) - Gastéropodes du Crétacé supérieur

- dans le sud-ouest de la France (Groupe I). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, 77 : 161-197.
- Delpy G. in Termier G. (1954) - Gastéropodes du Crétacé supérieur dans le sud-ouest de la France (Groupe II). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 89 : 323-405.
- Defrance F. (1826) - Dictionnaire des Sciences naturelles, Strasbourg, Levrault éditeur. 381 p.
- Dujardin F. (1837) - Mémoire sur les couches du sol en Touraine et description des coquilles de la craie et des faluns. *Mémoire de la Société géologique de France*, Paris, (2) 9 : 211-311.
- Gamel M. et El-Sorogy A. (2015) - gastropods from the Campanian-Maestrichian Aruma Formation, Central Saudi Arabia. *Journal of Africa Earth Sciences*, 103: 128-139.
- Jahn J. J. (1894) - Neue Thierreste aus dem böhmischen Silurian. *Kaiserlich Königlich Geologischen Reichsanstalt Jahrbuch*, 44 : 381-388.
- Kollmann H.A. (2005) - Révision critique de la Paléontologie française d'Alcide d'Orbigny. Gastéropodes crétacés. *Backhuys éditeur*, Leyden, Pays-Bas. 239 p.
- Kollmann H.A. (2009) – A Late Cretaceous Aporrhaidae-dominated gastropod assemblage from Gosau Group of the Pletzsch Alm near Kramsach (Tyrol, Austria). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 111A : 33-72.
- Lebrun, Pacaud & Courville (2018) - Les Xenophores : des gastéropodes agglutinants. Les espèces du Cénozoïque français. *Fossiles (revue française de paléontologie)*, Editions du Piat, 28 : 27-62.
- Leymerie A. de (1842) - Mémoire sur le terrain Crétacé du département de l'Aube, contenant des considérations générales sur le terrain Néocomien. *Mémoire de la Société Géologique de France*, Paris, (1), 5. 34 p.
- Lightfoot J. (1786) - A catalog of the Portland Museum. *Skinner and co.édit.* London, Great Britain. 194 p.
- Mantell G.A. (1822) - The fossils of South Downs ; or illustrations of Geology of Sussex, London, 14 + 327 p.
- Matheron P. (1843) - Catalogue méthodique et descriptif des corps organisés fossiles du Département des Bouches-du-Rhône et lieux circonvoisins, précédé d'un mémoire sur les terrains supérieurs au Grès Bigarré du sud-ouest de la France. *Répertoire des Travaux de la Société de Statistique de Marseille*, 6 (année 1842). 269 p.
- Metwally M.H. (1993) - Cretaceous gastropods from the Northwestern flank of the Oman Mountains, United Arab Emirates, *Bulletin of Faculty of Sciences, Zagazig University*, 15 : 333-359.
- Moore R.C. sous la direction de (1960) - Treatise on Invertebrate Paleontology. *University of Kansas Press & Geological Society of America*. Part. I, Mollusca 1. 351 p.
- Nilsson S. (1827) - Petrificata Suecana formationis cretacea, descripta et iconibus illustrata, pars prior, vertebrata et mollusca sistemis. Lund. 39 p.
- Orbigny A. d' (1842-1843) - Paléontologie française. Terrains crétacés (II), Gastéropodes. Arthus-Bertrand éd., Paris. 456 p.
- Repelin J. (1907) - Monographie de la faune saumâtre du Campanien inférieur du sud-est de la France (zone du plan d'Aups). *Annales du Muséum d'Histoire naturelle de Marseille (Géologie)*, 10. 87 p.
- Rolland du Roquand O. (1841) - Description des coquilles fossiles de la famille des rudistes qui se trouvent dans le terrain crétacé des Corbières (Aude). *Imprimerie de L. Pomiès-Gardel*, Carcassonne. 69 p.
- Roman F. & Mazeran P. (1920) - Monographie paléontologique de la faune du Turonien du bassin d'Uchaux et de ses dépendances. *Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, 12, 2 : 1-138.
- Roussel J. (1885) - Note sur le Crétacé supérieur et le Tertiaire des départements de l'Ariège et de l'Aude. *Bulletin de la Société ariégeoise des Sciences Lettres et Art (I)* : 327-337.
- Sowerby J. (1918) - The Mineral Conchology of Great Britain: or coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or shells, which have been preserved at various times and depths in the earth. Arding & Merrett édit. London, vol. 2 (fin) et vol. 3 (début) : 187-221.
- Sowerby J. de C. (1823) - The Mineral conchology of Great Britain ; or coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals or shells, which have been preserved at various times and depths in the earth. Arding & Merrett édit. London, vol 4 (continued) : 15-160 ; vol 5. 168 p.

Stoliczka F. (1865) - Eine Revision der Gastropoden der Gosauschichten in den Ostalpen. *Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Class der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, Wien, 52, 1 : 104-223.

Toucas A. (1879) - Du terrain crétacé des Corbières et comparaison avec celui des autres bassins de la

France et de l'Allemagne. *Bulletin de la Société géologique de France* (3) 7 : 39-88.

Wieneke U. www.stromboidea.de

Zekeli F. (1852) - Die Gastropoden der Gosaugebilde. *Abhandlungen der Kaiserlich-Königlichen geologischen Reichsanstalt*, Wien, 2 : 1-124.

Accepté le 2 janvier 2020

Publié en ligne (pdf) le 29 février 2020

Le Miocène (Burdigalien, Langhien inférieur) de l'Île Saint-Martin (Gruissan, Aude)

Philippe Fauré

Résumé

Nous décrivons plusieurs témoins de la transgression du Néogène marin sur le Crétacé inférieur de l'Île Saint-Martin (Gruissan, Aude). La composition du Miocène y était peu connue. Des calcaires molassiques à *Chlamys tournali*, d'âge burdigalien, y sont surmontés par des calcaires et marnes gréseuses à *Crassostrea gryphoides*, d'âge langhien inférieur. L'un de ces affleurements, situé au sud-ouest de Gruissan, n'avait pas été décrit à ce jour.

Mots-clés : Miocène, Burdigalien, Langhien, Île Saint-Martin, Clape, Aude.

Abstract

We describe several examples of the marine Neogene transgression on the Lower Cretaceous from Saint-Martin Island (Gruissan, Aude). Little was known of the composition of the Miocene there. Molassic limestones with *Chlamys tournali* of Burdigalian age are overlaid by limestone and sandstone marl with *Crassostrea gryphoides* of Lower Langhian age. One of these outcrops, located south-west of Gruissan, had not been described to date.

Keywords: Miocene, Burdigalian, Langhian, Saint-Martin Island, Clape, Aude.

1. Introduction

Située dans le prolongement méridional du massif de la Clape (**Fig. 1**), dont elle est séparée par l'Étang de Gruissan, l'Île Saint-Martin montre, globalement, une succession monoclinale de Crétacé inférieur (Barrémien et Aptien) présentant un pendage modéré vers l'est (**Fig. 2**). La révision stratigraphique de ces dépôts nous est permise par de nouvelles découvertes d'ammonites et de brachiopodes de cet âge. Constatant les imprécisions de la carte géologique au 1.50000^{ème}, nous avons entrepris un nouveau lever des contours géologiques. Notre surprise fût d'y constater la présence de plusieurs affleurements de Néogène non portés sur la carte géologique de Narbonne (Lespinasse *et al.*, 1982).

Le principal d'entre eux est un large placage de sédiments marins à grandes huîtres d'âge miocène, situé au sud-ouest de Gruissan (lieu-dit Garbirou).

Nous en donnons ici la première description. Nous fournirons aussi dans le présent article, des précisions stratigraphiques sur le Miocène marin des Pujols, sur le versant occidental de l'Île Saint-Martin, affleurement anciennement connu, mais « oublié » par les travaux récents et non reporté sur la carte géologique au 1.50000^{ème}. Nous évoquerons aussi le placage miocène, plus connu, du Pech de Gruissan (**Fig. 2**).

Ces affleurements de Miocène marin s'ajoutent à des dépôts, de toute évidence d'âge oligo-miocène, vraisemblablement aquitanien, à ce jour non décrits et non cartographiés (**Fig. 2**), qui feront l'objet d'un prochain travail :

- Des calcaires lacustres blancs remplissant un héli-graben au sud-ouest de l'Évêque et plusieurs affleurements dans la Combe Espesse.
- Des conglomérats à galets de grès albiens, « de type Berthéliers », parsemant la paléosurface supérieure



Fig. 1 – Le Massif de la Clape et l’Île Saint-Martin. **A.** Localisation géographique du secteur étudié. **B.** Carte topographique IGN de la Clape et de l’Île Saint-Martin (Source Geoportail). 1. Île Saint-Martin ; 2. Île Sainte-Lucie ; 3 : Pech Rouge ; 4. Petite-Rouquette ; 5. Saint-Pierre-la-Mer ; 6 : Moyau ; 7 : La Pagèze ; 8 : les Bugatelles ; 9 : Creissel ; 10 : Montfort.

de l’île Saint-Martin (plateau de Combe Pierrasse, plateau de Penelle, est du Salin de Reprise), dont l’âge est réputé aquitainien (Lespinasse *et al.*, 1982). A noter que des conglomérats identiques forment le substratum des séries marines à huîtres des Pujols (Fig. 5) et du Pech de Gruissan (Fig. 2).

2. Le Miocène de Garbirou (sud-ouest de Gruissan)

Rappelons que ce placage de dépôts miocènes marins ne figure sur aucune des cartes géologiques

au 1.80000^{ème} (Doncieux, 1902 ; Barrabé, 1942) ni au 1.50000^{ème} (Lespinasse *et al.*, 1982) (Fig. 2). Il se signale par ses dépôts conglomératiques et l’abondance des débris de grosses huîtres qui parsèment les vignes de la dépression de Garbirou sur 600 m dans un sens nord-sud et 200 m environ dans un sens est-ouest, la surface d’affleurement étant d’environ 137000 m² (Fig. 3). Ces dépôts s’échelonnent de 2 m à 28 m d’altitude où ils culminent au niveau de l’Estagnol.

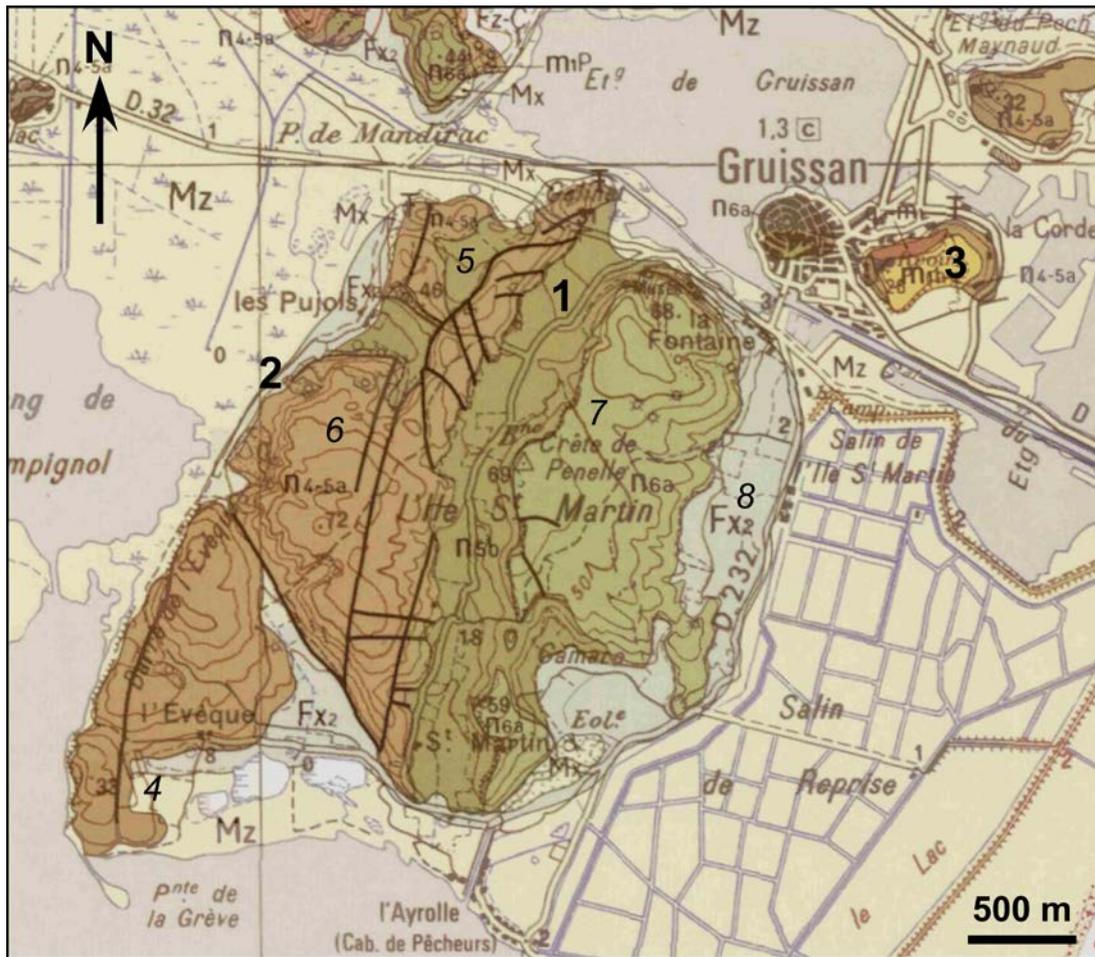


Fig. 2 – Carte géologique de l'Île Saint-Martin. Extrait de la carte géologique au 1:50000^{ème} de Narbonne (source Geoportail). Localisation des affleurements cités dans le texte. **En caractère gras**, affleurements de Miocène marin : 1. Placage miocène de Garbirou ; 2. Miocène des Pujols ; 3. Miocène du Pech de Gruissan. *En caractère italique*, affleurements d'Oligo-Miocène lacustre et de conglomérats de type Berthéliers : 4. l'Évêque ; 5. Combe Espesse ; 6. Plateau de Combe Pierrasse ; 7. Plateau de Penelle ; 8. Est du salin de Reprise. **Légende** : n4-5a, n5b, n6a : Barrémien et Aptien ; m1 : Aquitanien ; m1b : Langhien.

La présence du Miocène se reconnaît au sol jonché de galets hétérométriques plus ou moins arrondis, souvent anguleux, qui témoignent du démantèlement par les cultures d'un dépôt conglomératique. Il s'agit d'une majorité de blocs d'un calcaire molassique marin, gréseux et bioclastique, d'âge néogène, auxquels se mêlent des galets de grès verts d'âge albien, quelques galets de calcaire à rudistes de type aptien et galets de quartz laiteux. Les huîtres sont toujours fragmentées, usées et parfois perforées par les lithophages. Ces fragments, pouvant atteindre 15 à 20 cm, appartiennent à une grande huître correspondant typiquement à *Crassostrea gryphoides*.

Ce dépôt repose partout en discordance sur l'Aptien inférieur (**Fig. 3**) : à l'est et au sud directement sur les marnes du sommet de l'Aptien inférieur (Formation de Ramade) ; à l'ouest, localement au contact du hard-ground qui limite partout les calcaires barré-

aptiens à leur sommet (Formation du Puech de Labade). Au nord, il s'ennoie sous les formations marines subactuelles de l'étang de Gruissan. Son épaisseur est difficile à évaluer.

Le substratum rocheux affleure rarement dans la plaine de Garbirou où l'on ne note que de rares pointements d'un calcaire gréseux grossier ou microbréchiq ue à débris d'huîtres et graviers de grès vert. Plus significatif est l'affleurement dégagé par le talus du chemin vicinal dit de la Rigole qui recoupe (**Fig. 3**), autour d'une altitude de 10 m environ, 4 à 5 m de conglomérats et de brèches disposés en plusieurs bancs compacts très indurés, parfois séparés par un lit de calcaire gréseux molassique clair, montrant une stratification subhorizontale. Les éléments sont mal classés, très hétérométriques, atteignant parfois 40 cm de grand axe, ici surtout constitués de blocs roulés ou anguleux de calcaire aptien, emballés dans

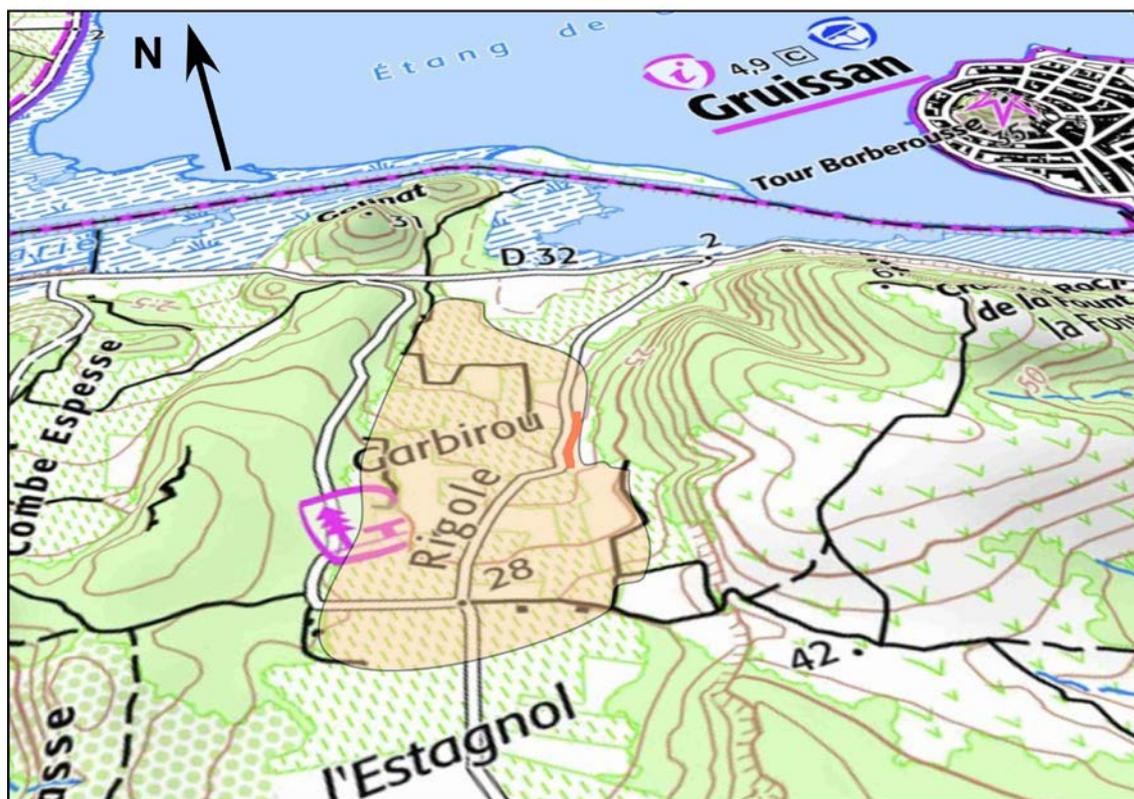


Fig. 3 – En beige, contours géologiques du placage de calcaires et marnes gréseuses à *Crassostrea gryphoides* de Garbirou reportés sur un agrandissement de la carte topographique IGN de l'Île Saint-Martin (Source Geoportail). En orangé, l'affleurement du talus de la Rigole.

une matrice sableuse. Si celle-ci ne renfermait pas quelques débris d'huîtres, il serait légitime d'hésiter à rapporter ce dépôt à une brèche de pente.

3. Discussion sur l'affleurement de Garbirou

Tournal (1830) est le premier à signaler la présence de « calcaires marins à fossiles brisés » aux environs de Gruissan. Il figure sur sa carte un affleurement de « dépôts marins » et le situe au centre de l'Île Saint-Martin, au sud de cette localité (**Fig. 4**). A noter que sur la même carte, il figure aussi de façon assez fidèle la position de l'affleurement miocène des Bugadelles qu'il vient également de découvrir. Il précise (1830, p. 259) que ces deux affleurements « occupent une cavité dans le Lias ».

Pour d'Archiac (1859), « il n'existe pas de dépôt semblable dans l'Île Saint-Martin à l'endroit indiqué par Tournal et... en face même de Gruissan ... il n'y a que des calcaires à caprotines et des couches néocomiennes plus anciennes ». C'est sur la côte occidentale de l'île qu'il situe la découverte de Tournal, à l'endroit où il trouve lui-même « au sud des Pujols, des calcaires cavernaux et des bancs remplis d'huîtres... s'appuyant sur les calcaires

crétacés ». A la suite de d'Archiac, Viguier (1887), puis Doncieux (1903) attribueront aussi la découverte de l'affleurement des Pujols à Tournal.

La découverte de l'important placage de dépôts miocènes dans le vallon de Garbirou, au centre de l'Île Saint-Martin, à l'endroit désigné sur sa carte par Tournal (1830) (**Fig. 4**), nous montre qu'il en est l'inventeur, mais que cette découverte est restée ignorée jusqu'à ce jour par tous les géologues qui ont parcouru la région.

On peut aussi affirmer que l'on doit bien à d'Archiac (1859), et non à Tournal, la découverte et la première description assez précise de l'affleurement miocène des Pujols.

4. Le Miocène des Pujols

Après sa découverte par d'Archiac (1859) et son premier report sur la carte géologique de Narbonne-Marseillan au 1.80000^{ème}, ce « placage de Miocène » est « oublié » par la carte géologique de Narbonne au 1.50000^{ème} (Lespinasse *et al.*, 1982) (**Fig. 3, 6, 7**).

Situé entre la falaise des calcaires barrémiens de l'Île Saint-Martin et le rivage de l'étang de Campignol,

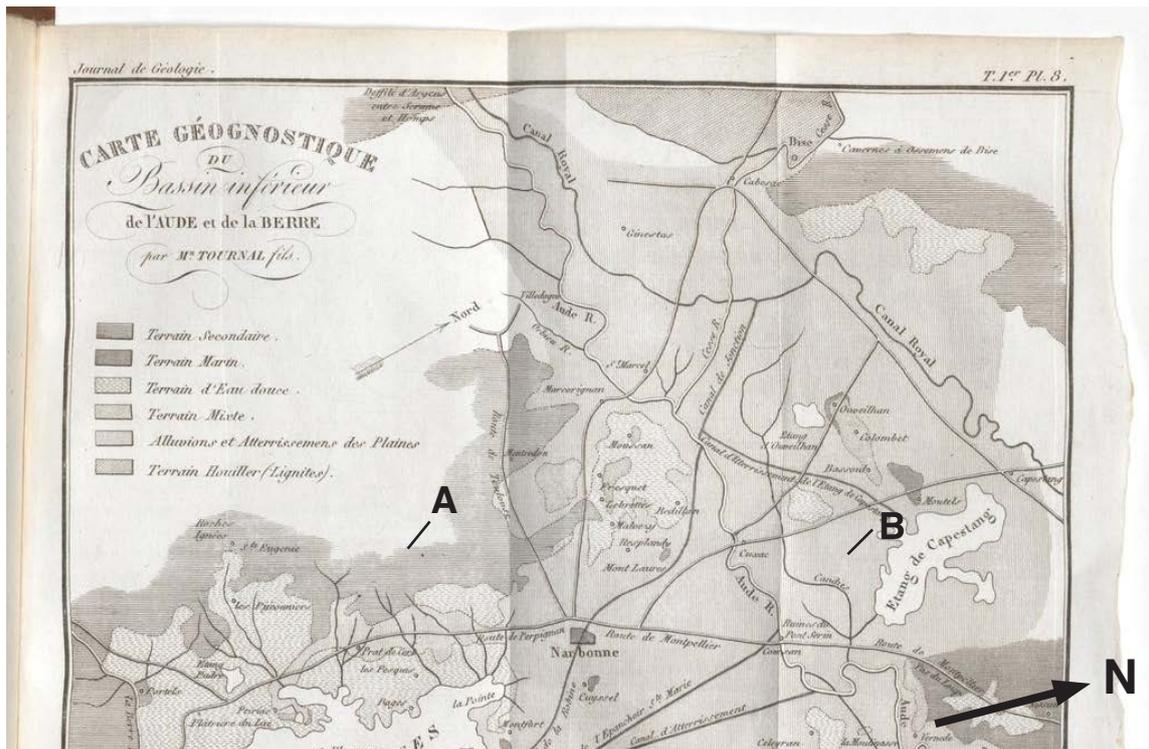


Fig. 4 – Extrait de la « Carte géognostique du Bassin inférieur de l'Aude et de la Berre » (Tournal, 1830). Localisation du « Terrain marin » : **A**. sud de Gruissan, au centre de l'Île Saint-Martin ; **B**. les Budadelles.

le Miocène marin y affleure sur 450 m, environ, dans le sens nord-sud et 90 m dans le sens est-ouest, pour une surface totale d'affleurement des dépôts miocènes marins de 38700 m² et une altitude qui atteint 20 m.

Les formations marines affectent une disposition globalement synclinale (**Fig. 5**). Elles reposent en concordance apparente sur un plus vaste affleurement de conglomérats aquitaniens, également non porté sur les cartes géologiques et jamais mentionnés à ce jour, dont le substratum n'est pas apparent. Il s'agit de conglomérats de type Berthéliers à galets hétérométriques de grès albien rouges ou verts auxquels ne se mêlent que de rares galets de calcaire aptien, cimentés par une marne sableuse rouge. Au-dessus, nous distinguons deux ensembles sédimentaires :

Calcaires molassiques à *Chlamys tournali* (4,5 m) :

- 0,5 m. Calcaires bioclastiques gréseux grossiers à quelques graviers et *Chlamys tournali*.
- 4 m. Calcaires molassiques blancs qui forment une petite falaise de 5-6 m de hauteur qui surplombe les formations subactuelles (**Fig. 6A**). Ils se disposent en plusieurs épais bancs compacts, parfois alvéolaires, séparés par des bancs sableux plus tendres. La faune y est peu abondante. Comme Doncieux (1903) nous y avons trouvé *C. tournali* (**Fig. 6B**).

Calcaires et marnes à *Crassostrea gryphoides* (environ 15 m) (Fig. 7) :

- 3 à 4 m. Marnes sableuses claires et bancs de calcaire marneux, très peu visibles, à quelques débris d'huîtres.
- 3,5 m. Calcaires gréseux lités à quelques fragments d'huîtres (1,5 m) passant progressivement à des calcaires lumachelliques très indurés (2 m), disposés en deux bancs principaux, particulièrement riches en *Crassostrea gryphoides* de grande taille et souvent bien conservées (**Fig. 7C**). Le banc sommital renferme des rangs de galets de grès vert d'allure albienne.
- 7 à 8 m. Marnes beiges sableuses renfermant encore un lit de *C. gryphoides* affleurant dans la partie haute d'une vigne (**Fig. 7A, B**).

5. Le Miocène du Pech, à Gruissan

C'est à d'Archiac (1859) que l'on doit la description du Miocène du Pech où « un poudingue à gros éléments de grès surmonte un grès calcarifère riche en huîtres ». L'information est reprise par Doncieux (1903) et l'affleurement est reporté par lui sur la carte au 1.50000^{ème} de Narbonne.

Sur le versant nord du Pech (**Fig. 2**), une terrasse intermédiaire située à 20 m d'altitude montre, mêlés

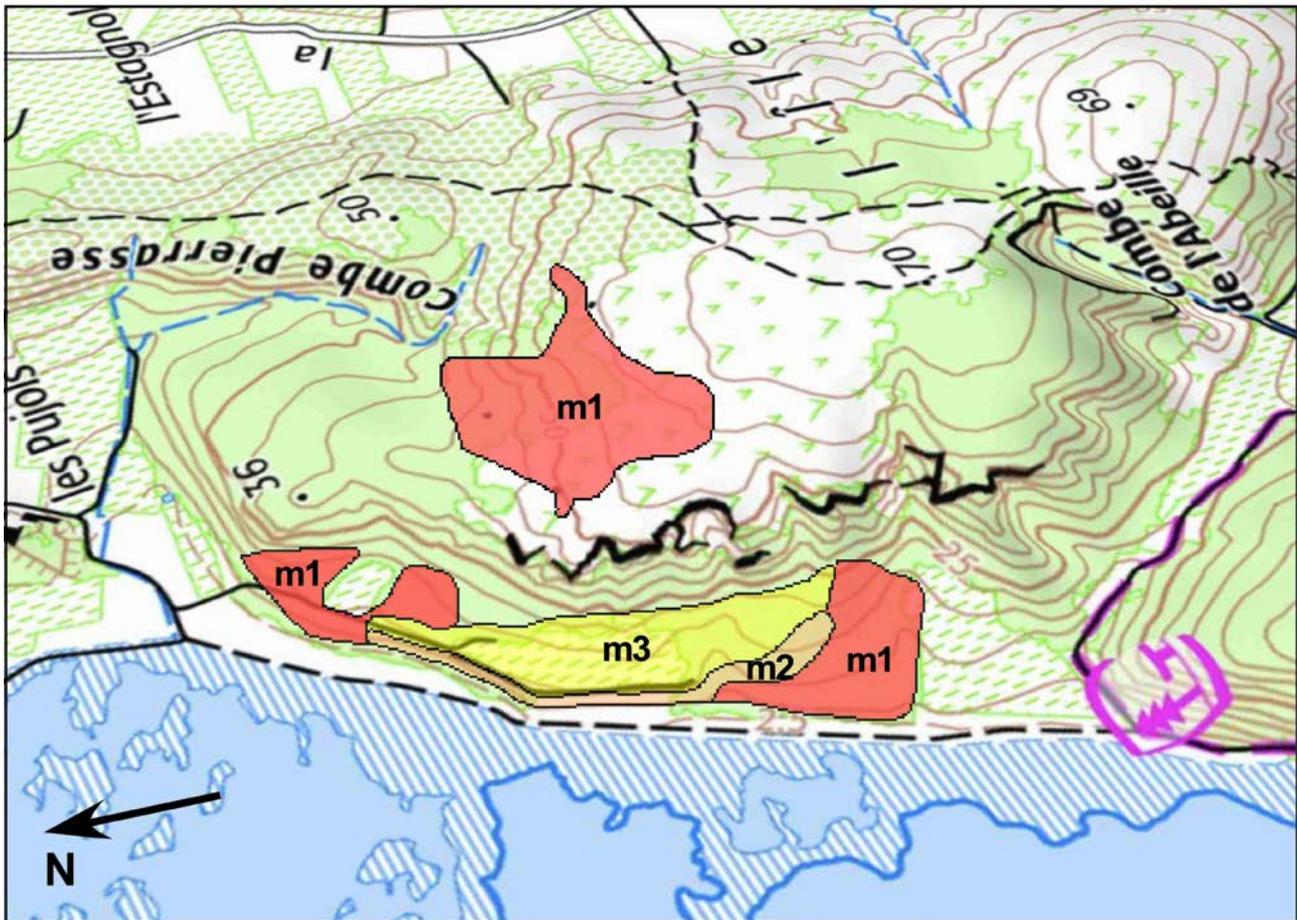


Fig. 5 – Le Miocène des Pujols. Contours géologiques reportés sur la carte topographique IGN de l’Île Saint-Martin (Source Geoportail). Légende. **m1** : conglomérats de type Berthéliers à éléments de grès albiens ; **m2** : Calcaire molassique à *Chlamys tournali* ; **m3** : Calcaires et marnes gréseuses à *Crassostrea gryphoides*.

à une majorité de galets de grès albiens, de très nombreux fragments d’une huître de grande taille correspondant typiquement à *Crassostrea gryphoides*. On retrouve également ce fossile, peu abondant, sur le secteur sud-ouest du Pech où, avec les mêmes galets albiens, le conglomérat comporte ici de nombreux éléments de calcaire aptien.

Ce placage repose sur une dizaine de mètres de conglomérats qui recouvrent le Crétacé inférieur et surmontent les calcaires barrémiens, au nord du Pech, et le sommet des marnes aptien inférieur, sur son versant ouest. L’urbanisation ne permet aucune observation sur les versants est et sud du Pech. Cette assise conglomératique est uniformément constituée de galets de grès verts et rouge de l’Albien, à éléments hétérométriques, non classés, souvent volumineux, et pouvant atteindre 0,5 m de grand axe, identiques aux conglomérats de type Berthéliers qui forment le substratum du Miocène marin des Pujols. Leur âge aquitanien est admis.

6. Âge du Miocène marin de l’Île Saint Martin

Âge des Calcaires molassiques à *Chlamys tournali* : Ces calcaires sont également présents sur l’Île Sainte Lucie où ils surmontent les formations de l’Oligo-Miocène lacustre du Bassin de Narbonne-Sigean. Ils y sont caractérisés par le même fossile. Dans le Biterrois, l’équivalent latéral de cette formation est le Calcaire de Bréguins, souvent qualifiée de « Dalle à *Pecten tournali* ». Selon Magné (1978), son âge est burdigalien moyen à supérieur.

Âge des Calcaires et marnes à *Crassostrea gryphoides* : Depuis les travaux de Magné (1978), il est établi que les formations miocènes marquées par un grand nombre de *Crassostrea gryphoides* doivent être rapportées au Langhien supérieur, voire au Serravalien inférieur. Elles ont pour équivalent latéral la « Molasse marine miocène », qui peut dépasser une centaine de mètre d’épaisseur dans les bassins du



Fig. 6 – Le calcaire molassique à *Chlamys tournali* au sud des Pujols (Gruissan). **A** : La formation forme une petite falaise de calcaire blanc compact. **B** : Plusieurs *Chlamys tournali* dans un bloc de calcaire.

Narbonnais et du Biterrois (Moussan, Marcorignan). Des couches à grandes huîtres, au faciès identique, de la région de Lézignan-des-Corbières, plus proches du continent, ont fourni des restes de microvertébrés qui confirment cet âge (Aguilar & Magné, 1978).

L’affleurement de Garbirou (Fig. 3) avec ses dépôts sableux et gréso-conglomératiques à *Crassostrea gryphoides* discordants sur le substratum crétacé, doit donc être situé dans le seul Langhien. Le placage à

grandes huîtres du Pech de Gruissan serait d’un âge identique, comme celui de tous les autres placages de sédiments marins du Miocène discordants situés au-dessus (les Bugadelles) et autour du Massif de la Clape (Pech Rouge, Petite-Rouquette, Saint-Pierre-la-Mer,...). Tous sont des témoins de la transgression langhienne.

Le Miocène des Pujols (Fig. 5) est particulièrement complet et sa composition est identique à celle de l’Île



Fig. 7 – Les calcaires et marnes gréseuses à *Crassostrea gryphoides*. **A** : Cette assise forme une terrasse au sud des Pujols ; **B** : Marnes gréseuses jaunes à grandes huîtres qui jonchent le sol de la vigne ; **C** : Calcaires gréseux lumachelliques à huîtres.

Sainte-Lucie (**Fig. 1**) qui fait figure de référence du Miocène marin du Bassin de Narbonne-Sigean. Les deux formations superposées : Calcaires molassiques à *Chlamys tournali* et Calcaires et marnes à *Crassostrea*

gryphoides, y sont retrouvées à l'identique, mais leur épaisseur (30 m) y est plus importante.

Rappelons que la « Formation marine » de l'Île Sainte-Lucie est pour la première fois décrite

par Tournal (1828) qui y observe le « grand développement pris par les calcaires dans lesquels les genres *Ostrea* et *Balanus* dominant, avec le genre *Scutella* », et parmi lesquels il reconnaît ensuite le *Pecten terebratulæformis* (= *Pecten tournali*) (Tournal, 1830). Ces « formations tertiaires » y sont aussi observées par Reboul (1831) et Marcel de Serre (1838). La composition de la « Molasse marine » y sera décrite par d'Archiac (1857, 1859, 1861) qui en lève la première coupe. Des précisions seront données par les travaux de Jacquemet (1899) et de Doncieux (1903). Ces deux auteurs y distingueront deux étages bien caractérisés par leur macrofaune, « le Burdigalien à *Pecten tournali* (= *Pecten terebratulæformis*) et l'Helvétien à « *Ostrea crassissima* ».

Le Miocène marin de l'Île Sainte-Lucie repose sur les formations continentales lagunaires de l'Aquitainien et non, comme au Pujols, sur des conglomérats de type Berthéliers. De façon synthétique, on y reconnaît la succession suivante (Magné, 1978) :

- Calcaires molassiques à *Chlamys tournali* (12 m) : Calcaires gréseux organogènes, compacts, souvent très lumachelliques et riches en *Chlamys tournali* auxquels s'ajoutent *Ostrea granensis* et *O. aginensis*. Ils ont été exploités comme matériau de construction depuis l'antiquité. Magné (1978) leur donne un âge burdigalien moyen à supérieur.
- Calcaires et marnes à *Crassostrea gryphoides* (24 m) :
 - 4 m. Une double barre conglomératique très indurée qui arme le relief du Roc Saint-Antoine. Les éléments carbonatés hétérométriques sont souvent très volumineux (jusqu'à 60 cm) et le ciment de grès et de calcaire renferme de nombreux débris d'ostreïdés.
 - 10 m. Conglomérats et sables grossiers à *Crassostrea gryphoides* de grande taille, *Pecten fuschi* et rares foraminifères.
 - 10 m. Sables gris, tantôt grossiers, tantôt argileux. La présence du foraminifère « *Cribrononion vignauxi* » permet d'affirmer leur âge post-Burdigalien (Magné, 1978, p. 61).

7. Comparaisons avec le Miocène marin du Massif de la Clape

Autour du Massif de la Clape, les témoins de Miocène marin sont peu étendus et reposent habituellement en discordance sur les calcaires ou les grès du Crétacé inférieur.

7.1. Les Bugadelles (Fig. 1)

Des calcaires et marnes gréseuses à *Crassostrea gryphoides* y reposent sur les grès albiens, au centre

d'une paléo-cuvette située sur l'alignement synclinal Armissan - l'Oustalet. Cette formation doit être attribuée au seul Langhien.

Rappelons que cet affleurement est décrit dès 1828 par Tournal « un banc de marne bleue recouvre un banc de calcaire compact lumachellique ... qui offre une exploitation de calcaire ». Il montre qu'il occupe « une cavité dans le Lias » (Tournal, 1830). Cette information est reprise par d'Archiac (1859), Magnan (1872) et par Roussel (1893-94). Curieusement, Doncieux (1902, 1903) ne le décrit ni ne le mentionne sur la carte géologique au 1.80000^{ème}. Barrabé (1923, 1924), qui croit avoir découvert cet affleurement situé en milieu du massif de la Clape (nommé Courtal Naout), en donne une bonne description stratigraphique, à laquelle nous renvoyons le lecteur, et le place dans l'Helvétien. Il constate son faciès calcaire inhabituel et en tire argument pour le recouvrement total du massif de la Clape par la mer du Miocène « jusqu'à au moins 75 m d'altitude ».

7.2. Bordures nord et est du massif de la Clape (Fig. 1)

Ces affleurements plus ou moins continus de Miocène marin à huîtres sont pour la plupart tous identifiés par Doncieux (1903) et attribués à l'Helvétien car « *Ostrea crassissima* y est abondante ». Barrabé (1923) confirme cette attribution.

A l'extrémité nord-orientale de la Clape, ils forment une bande relativement continue entre la Pagèze et Moyau et sont constitués de marnes, de sables, de grès grossiers et de conglomérats à éléments de Crétacé inférieur, reposant en discordance sur la surface perforée des calcaires barrémo-aptiens. Ils s'annoient à l'est sous les formations côtières.

Sur le flanc oriental de la Clape, ces affleurements discontinus s'égrènent entre Saint-Pierre-la-Mer et Pech Rouge. Il s'agit, chaque fois d'accumulations conglomératiques à éléments souvent très volumineux de calcaire aptien et de grès, dont le ciment renferme des débris d'huîtres caractéristiques. Les principaux sont : l'affleurement de Saint-Pierre-la-Mer, découvert par Magnan (1872) ; les placages conglomératiques de l'anse de Petite-Rouquette (où la surface d'affleurement est très minorée par la carte géologique) ; les affleurements conglomératiques de Pech Rouge, bien identifiés par Doncieux (1903), avec deux placages, l'un situé au nord du domaine et le second situé au sud du domaine (au départ du chemin vicinal des Abattuts-Hauts). Tous deux sont constitués de conglomérats à ciment bioclastique reposant sur la surface perforée du Crétacé inférieur et dont la partie

supérieure, horizontale, souligne une paléo-surface à environ 7 m d'altitude. Noter que l'affleurement situé au sud de Pech Rouge est spécialement étudié par Magné (1978, p. 56) qui y observe des « niveaux indurés... qui ne lui ont pas permis d'extraire de microfaune ». La coupe qu'il relève est en réalité celle des grès albiens de Pech Rouge, qui reposent là sur la surface perforée de l'Aptien supérieur.

7.3. Montfort (Fig. 1)

Des calcaires molassiques gréseux blancs partiellement recouverts par les cailloutis quaternaires de la terrasse de Quatorze font partie des affleurements de Miocène marin « oubliés » par la carte géologique au 1/50000^{ème} de Narbonne. La présence de *Pecten tournali* et de nombreuses huîtres nous confirme l'âge burdigalien moyen à supérieur qui avait déjà été donné par Doncieux (1903).

Rappelons que ce témoin de « calcaire marin » est signalé par Tournal (1830). D'Archiac (1859) y récolte « *Ostrea crassissima* et des grands *Pecten* » et Doncieux (1902) le reporte sur la carte géologique au 1.80000^{ème}.

7.4. Creissel (Fig. 1)

Pour mémoire, ce témoin de Miocène marin actuellement situé à Narbonne, sous la zone commerciale de Bonne Source, est décrit par Marcel de Serre (1829) et Tournal (1830) comme une excavation permettant l'exploitation de « pierre de taille à nombreux débris de coquilles marines ». Il avait déjà disparu lors des explorations de d'Archiac (1859) et de Doncieux (1903).

8. Conclusion

Nous décrivons au centre de l'Île Saint Martin (lieu-dit Garbirou, sud-ouest de Gruissan) un large placage de sédiments gréso-conglomératiques à grandes huîtres du Miocène marin, non décrit à ce jour et n'ayant jamais été figuré sur aucune carte géologique. Nous montrons qu'il avait été vraisemblablement découvert par Tournal (1830). Son âge langhien, est identique à celui d'autres dépôts à *Crassostrea gryphoides* situés à la partie supérieure du Miocène marin du Narbonnais ou directement discordants sur le Crétacé inférieur du Massif de la Clape (par exemple les Bugadelles).

Nous mettons nouvellement en évidence l'existence, à l'ouest de l'Île Saint-Martin (lieu-dit les Pujols), d'un Miocène marin très développé, comparable à celui de l'Île Sainte-Lucie qui est la

série marine de référence du Bassin de Narbonne-Sigean. Nous y reconnaissons, à l'identique, la superposition des deux formations : Calcaires molassiques à *Chlamys tournali*, d'âge burdigalien moyen à supérieur ; Calcaires et marnes à *Crassostrea gryphoides*, d'âge langhien inférieur.

Les dépôts du Miocène marin s'inscrivent parfaitement dans le cadre d'un dispositif en blocs basculés, horst et grabens asymétriques post-pyrénéens, de type marge passive en extension tel qu'il est décrit sur la marge occidentale du Golfe du Lion (Gorini, 1993).

Succédant à la phase de rifting Oligocène à Aquitanien responsable des épandages conglomératiques à galets de grès albien et de leur accumulation particulière dans les environs de Gruissan, les dépôts post-rift de la transgression du Miocène marin affectent une disposition transgressive en direction de l'est. Au Burdigalien, la « Dalle à *Chlamys tournali* » ne dépasse pas les limites de l'hémi-graben de Narbonne-Sigean (Île Sainte-Lucie, ouest de l'Île Saint-Martin, Montfort). Le maximum transgressif du Langhien inférieur va permettre à des dépôts littoraux discordants, conglomératiques et lumachelliques à grande huîtres, de reposer sur les niveaux parfois élevés du Crétacé inférieur du horst de la Clape (jusqu'à 28 m d'altitude à Garbirou, 20 m au Pech de Gruissan, 7 m à Pech Rouge, 50 m aux Bugadelles).

Remerciements

Nous remercions Jacques Magontier pour la relecture critique de ce manuscrit et Peter Culleton pour la traduction du résumé.

Références

- Aguilar & Magné (1978) – Nouveaux gisements à rongeurs dans les formations marines miocènes du Languedoc méditerranéen. *Bulletin de la Société géologique de France*, 7, 20 : 803-805.
- Archiac A. d' (1857) – Études géologiques sur les départements de l'Aude et des Pyrénées-Orientales (Résumé). *Bulletin de la Société géologique de France*, 2, XIV : 460-510.
- Archiac A. d' (1859) – Les Corbières. Études géologiques d'une partie des départements de l'Aude et des Pyrénées-Orientales. *Mémoire de la Société géologique de France*, 2, VI, 2 : 27-446.
- Archiac A. d' (1861) – Note sur la faune tertiaire des environs de Béziers et de Narbonne. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2, XVIII : 630-640

- Barrabé L. (1923) – Sur l’extension de l’Helvétien dans la région de Narbonne. *Comptes-rendus sommaires de la Société géologique de France*, 3 : 24-25.
- Barrabé L. (1924) – Tectonique des Corbières. Feuille de Toulouse au 320.000^e. *Bulletin des services de la Carte géologique de France*, 155, 28 : 23-32.
- Barrabé L. (1942). Carte géologique de Narbonne (244) - Marseillan (245) au 1/80000^{ème} 2^{ème} édition.
- Doncieux L. (1902). Carte géologique de Narbonne (244) - Marseillan (245) au 1/80000^{ème} 1^{ère} édition.
- Doncieux L. (1903) – Monographie géologique et paléontologique des Corbières orientales. *Annales de l’Université de Lyon*, nouvelle série, I, 11. 377 p.
- Gorini C. (1993) – Géodynamique d’une marge passive : le Golfe du Lion (Méditerranée occidentale). Thèse, Toulouse. 256 p.
- Jacquemet (1899) – Note sur les formations miocènes des bassins de l’étang de Thau, de l’Hérault et de l’Aude. *Bulletin de la Société géologique de France*, 3, 27 : 750-758.
- Lespinasse P., Aloïsi J.C., Barruol J., Durand-Delga M., Got H., Monaco A. & Marchal J.P. (1982). Carte géologique de la France au 1/50000^{ème}. Narbonne (1061).
- Magnan H. (1872) – Mémoire sur la partie inférieure du terrain de Craie (Néocomien, Aptien, Albien) des Pyrénées françaises et des Corbières. *Mémoire de la Société géologique de France*, 2, 9. 82 p.
- Magné J. (1978) – Études stratigraphiques sur le Néogène de la Méditerranée nord-occidentale. Le Néogène du Languedoc méditerranéen. *Laboratoire de Géologie méditerranéenne, Université Paul Sabatier, Toulouse*. 435 p.
- Marcel de Serres (1838) – Notice géologique sur le département de l’Aude. *Actes de la Société linéenne de Bordeaux*, 1, X.
- Reboul (1834) - Sur les terrains tertiaires inférieurs. *Journal de Géologie*. III. 181 p.
- Roussel J. (1893-94) – Étude stratigraphique des Pyrénées. *Bulletin des Services de la Carte géologique de France*, 35, V. 305 p.
- Tournal P. (1828) – Mémoire sur la constitution géognostique du bassin et des environs de Narbonne. *Annales des Sciences naturelles*, 1, XV : 19-42.
- Tournal P. (1830) – Description géognostique du bassin inférieur de l’Aude et de la Berre. *Journal de Géologie*, 1 : 247-337.
- Viguiier M. (1887) – Études géologiques sur le département de l’Aude. Thèse, Montpellier, imprimerie Grolier & Fils. 308 p.

Accepté le 23 mars 2020

Publié en ligne (pdf) le 28 mars 2020

Contribution à la connaissance des Ichneumonidae hivernants (Hymenoptera) de la forêt de Grésigne

William PÉNIGOT

Résumé

Durant l'hiver 2019-2020, l'auteur a prospecté la forêt domaniale de Grésigne à la recherche des Ichneumonidae hivernants. En effet, au sein de cette très grande famille, quelques espèces passent la période hivernale à l'état d'imago, à l'abri dans les grumes, sous la mousse, dans la litière ou encore dans les touffes de poacées. Ces méthodes permettent d'observer certaines espèces parfois difficiles à contacter durant le reste de l'année. 20 espèces ont été inventoriées. Les résultats sont discutés.

Mots-clés : Ichneumon, Grume, Mousse, Touffes de poacées.

Contribution to the knowledge of overwintering Ichneumonidae (Hymenoptera) of the Grésigne forest

Abstract

During the winter 2019-2020, the author prospected the Grésigne forest in search of overwintering Ichneumonidae. Indeed, within this very large family, some species spend the winter period as adult, sheltered in logs, under the moss, in the litter or in tufted grasses. These methods represent an interesting way to observe some species sometimes difficult to contact during the rest of the year. 20 species were found. The results are discussed.

Key-words: Ichneumon, Log, Moss, Tufted hair grass.

Introduction

Au sein de la riche famille des Ichneumonidae, la grande majorité des espèces passe l'hiver au stade nymphal. Toutefois, certaines femelles le passent à l'état d'imago, en particulier les espèces de la sous-famille des Ichneumoninae. Cette biologie particulière oblige les individus à trouver des micro-habitats favorables à leur survie durant cette période. Au cours des différentes recherches d'ichneumonologues chevronnés (Kolarov, 1992 ; Lungu-Constantineanu & Constantineanu, 2014 ; Rasnitsyn, 1964 ; Sebald, Schönitzer & Diller, 2000 ; Townes, 1938 ; Valemberg & Vago, 2013) quatre grands types de micro-habitats ont été mis en évidences : 1- Dans les grumes (sous l'écorce et dans les galeries d'insectes xylophages) ; 2- Sous la mousse recouvrant les fissures des arbres ou des pierres ; 3- Dans la litière ; 4- Entre les tiges/feuilles de certaines poacées touffues.

On peut également ajouter à ces quatre habitats les grottes et cavités. En effet, plusieurs espèces

sont connues pour y hiverner à l'état d'imago, comme *Diphyus quadripunctorius* ou *Exephanes ischioxanthus*.

L'objectif de cette étude est donc de dresser une liste des espèces hivernantes présentes en Forêt domaniale de Grésigne, mais également de soulever une nouvelle fois la question des choix des micro-habitats par ces espèces.

Matériel et méthodes

Située en bordure nord-est du département du Tarn, la Forêt domaniale de Grésigne est l'une des plus vastes chênaies d'Europe puisque sa superficie avoisine les 3600 hectares. Sa position géographique lui vaut un climat particulier se caractérisant par des influences à la fois atlantique, méditerranéenne et continentale. La Forêt de Grésigne est ainsi classée dans le domaine biogéographique subméditerranéen-aquitain (Sardet & Defaut, 2003). Outre cette spécificité, le massif

forestier est réputé pour sa très grande diversité entomologique, mise en évidence en particulier grâce au travail de Jean Rabil (Rabil, 1992), et poursuivi ensuite par d'autres entomologistes (Brustel & Clary, 2000 ; Brustel, 2001). Cette remarquable valeur entomologique lui a d'ailleurs valu son classement en zone Natura 2000 ainsi que sa 3^e place de forêt abritant le plus d'espèces en Europe. Treize prospections ont été réalisées dans la Forêt de Grésigne entre le 06 décembre 2019 et le 15 février 2020. Les inventaires ne se sont pas poursuivis au-delà en raison de températures déjà exceptionnellement chaudes dès mi-février. Etant donné l'importante superficie du massif forestier, les prospections ont pris place en plusieurs points répartis à travers la forêt de Grésigne (**Fig. 1**). Dans chacun des secteurs échantillonnés, 3 types de micro-habitats ont été prospectés : 1- Dans les grumes au sol (sous l'écorce et dans les galeries d'insectes xylophages) ; 2- Sous la mousse recouvrant les pierres ou les fissures des arbres ; 3- Entre les tiges ou feuilles de poacées touffues.

L'étude de la litière n'a pas été réalisée ici. Néanmoins d'importants échantillonnages ont été réalisés en 2013-2014 dans le cadre d'une thèse sur les coléoptères saproxyliques aptères (Cateau, 2016). Les Ichneumonidae collectés lors de cette étude seront certainement valorisés dans un autre article.

Afin de confirmer une potentielle différence de taille des individus au sein des communautés présentes dans les différents micro-habitats, un test t de Student sur la taille de tous les échantillons collectés a été réalisé grâce au logiciel R.

Résultats

Au total, ce sont 143 Ichneumonidae hivernants de 20 espèces différentes qui ont été comptabilisés durant cette étude (**Tab. 1**). Les habitus des différentes espèces inventoriées sont présentés en figures 2, 3 et 4.

1- Grumes

Matériel :

Chasmias motatorius (Fig. 4D) : 1 ♀ 19-i-2020 Point D.

Colpognathus celerator (Fig. 2A) : 1 ♀ 19-i-2020 Point D.

Hoplismenus pica (Fig. 3F) : 1 ♀ 18-i-2020 Point F.

Ichneumon affector (Fig. 4B) : 1 ♀ 18-i-2020 Point F.

Ichneumon inquinatus (Fig. 4C) : 26 ♀♀ 25-i-2020 Point B, 1 ♀ 18-i-2020 Point F.

Ichneumon languidus (Fig. 3E) : 1 ♀ 12-i-2020 Point E.

Ichneumon lugens (Fig. 3C) : 12 ♀♀ 08-xii-2019 Point A, 1 ♀ 25-i-2020 Point B, 1 ♀ 19-i-2020 Point D, 1 ♀ 18-i-2020 Point F, 3 ♀♀ 11-i-2020 Point G, 1 ♀ 06-xii-2019 Point J.

Ichneumon molitorius (Fig. 4D) : 1 ♀ 08-xii-2019 Point A.

Ichneumon stramentor (Fig. 3B) : 1 ♀ 08-xii-2019 Point A.

Ichneumon suspiciosus (Fig. 3D) : 1 ♀ 05-i-2020 Point A, 19 ♀♀ 18-i-2020 Point F, 3 ♀♀ 11-i-2020 Point G.

Lymantrichneumon disparis (Fig. 3A) : 21 ♀♀ 08-xii-2019 Point A, 3 ♀♀ 25-i-2020 Point B, 13 ♀♀ 18-i-2020 Point F, 1 ♀ 08-ii-2020 Point H.

Orgichneumon calcatorius (Fig. 3G) : 1 ♀ 08-xii-2019 Point A.

Stenichneumon culpator (Fig. 3H) : 1 ♀ 08-xii-2019 Point A, 1 ♀ 08-xii-2019 Point A, 1 ♀ 18-i-2020 Point F.

Sypsisal biguttata (Fig. 2D) : 2 ♀♀ 19-i-2020 Point D, 1 ♀ 18-i-2020 Point F, 1 ♀ 11-i-2020 Point G.

Aucun Ichneumonidae hivernant n'a pu être trouvé dans les grumes de résineux, ils étaient exclusivement présents dans les feuillus et plus spécifiquement dans des chênes (*Quercus sp.*). La grande majorité des arbres prospectés n'abritaient aucun hivernant. En moyenne seul 1-2 écorçage sur 10 se sont révélés fructueux, et ce uniquement pour les chênes. Les grumes favorables présentaient généralement les caractéristiques suivantes : écorce présente, mais se détachant aisément de l'aubier (même à la main) ; aubier commençant à se dégrader, formant ainsi quelques millimètres de substrat organique décomposé ; bois avec un degré d'humidité moyen (les grumes trop sèches ou détrempees n'abritaient aucun Ichneumonidae). Il a également été relevé que les espèces *Lymantrichneumon disparis*, *Ichneumon lugens* et *Ichneumon inquinatus* étaient nettement plus présentes dans les milieux les plus humides : les fonds de vallon, et plus particulièrement en bordure, voire même juste au-dessus, des petits cours d'eau (**Fig. 5**). En habitat plus sec, c'est *Ichneumon suspiciosus* qui dominait largement les communautés d'Ichneumonidae hivernants.

Enfin, les individus hivernants sont très généralement rassemblés dans les mêmes arbres morts, et souvent en groupes plurispécifiques, attestant de l'attrait du micro-habitat. Certains écorçages ont ainsi pu révéler près d'une trentaine d'individus appartenant à cinq espèces différentes sur seulement 1,50 mètre linéaire de tronc.

2- Touffes de poacées

Matériel :

Chasmias motatorius (Fig. 4D) : 3 ♀♀ 25-i-2020 Point B, 2 ♀♀ 02-ii-2020 Point C ; 1 ♀ 12-i-2020 Point E.

Colpognathus celerator (Fig. 2A) : 1 ♀ 12-i-2020 Point E, 2 ♀♀ 11-i-2020 Point G.

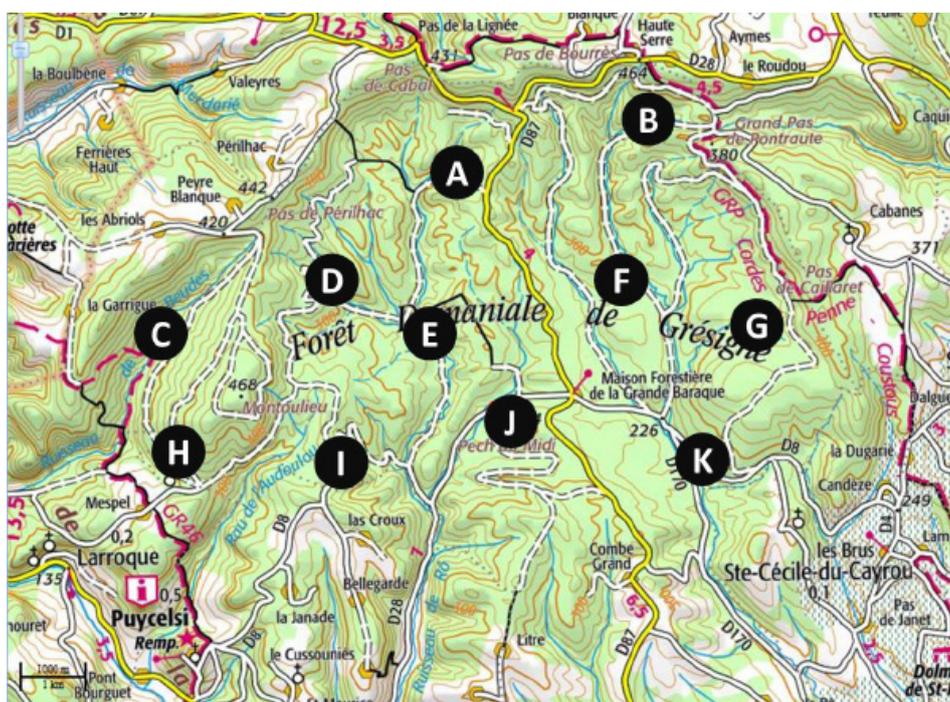


Fig. 1 - Carte de la forêt de Grésigne avec localisation des secteurs échantillonnés.

	Grumes	Poacées	Mousses
Sous-famille Ichneumoninae			
Tribu Heresiarchini			
<i>Lymantrichneumon disparis</i> (Poda, 1761)	38		
<i>Sypsasis albiguttata</i> (Gravenhorst, 1820)	4		
Tribu Ichneumonini			
<i>Chasmias motorius</i> (Fabricius, 1775)	1	1	
<i>Homotherus locutor</i> (Thunberg, 1824)			6
<i>Hoplismenus pica</i> Wesmael, 1855	1		
<i>Ichneumon affector</i> Tischbein, 1879	1		
<i>Ichneumon inquinatus</i> Wesmael, 1845	27		
<i>Ichneumon languidus</i> Wesmael, 1845	1		
<i>Ichneumon lugens</i> Gravenhorst, 1829	19	1	
<i>Ichneumon molitorius</i> Linnaeus, 1760	1	2	
<i>Ichneumon simulans</i> Tischbein, 1873			
<i>Ichneumon stramentor</i> Rasnitsyn, 1981	1		
<i>Ichneumon suspiciosus</i> Wesmael, 1845	23		
<i>Orgichneumon calcatorius</i> (Thunberg, 1822)	1		
<i>Stenichneumon culpator</i> (Schrank, 1802)	3		
<i>Virgichneumon tergenus</i> (Gravenhorst, 1820)			1
Tribu Phaeogenini			
<i>Colpognathus celerator</i> (Gravenhorst, 1807)	1	3	
<i>Dirophanes fulvitaris</i> (Wesmael, 1844)			2
<i>Tycherus cephalotes</i> (Wesmael, 1845)			4
Sous-famille Phygadeuontinae			
<i>Rhembobius perscrutator</i> (Thunberg, 1824)			1
TOTAL	122	21	0

Tab. 1 - Nombre d'Ichneumonidae hivernants selon le type de micro-habitat prospecté.

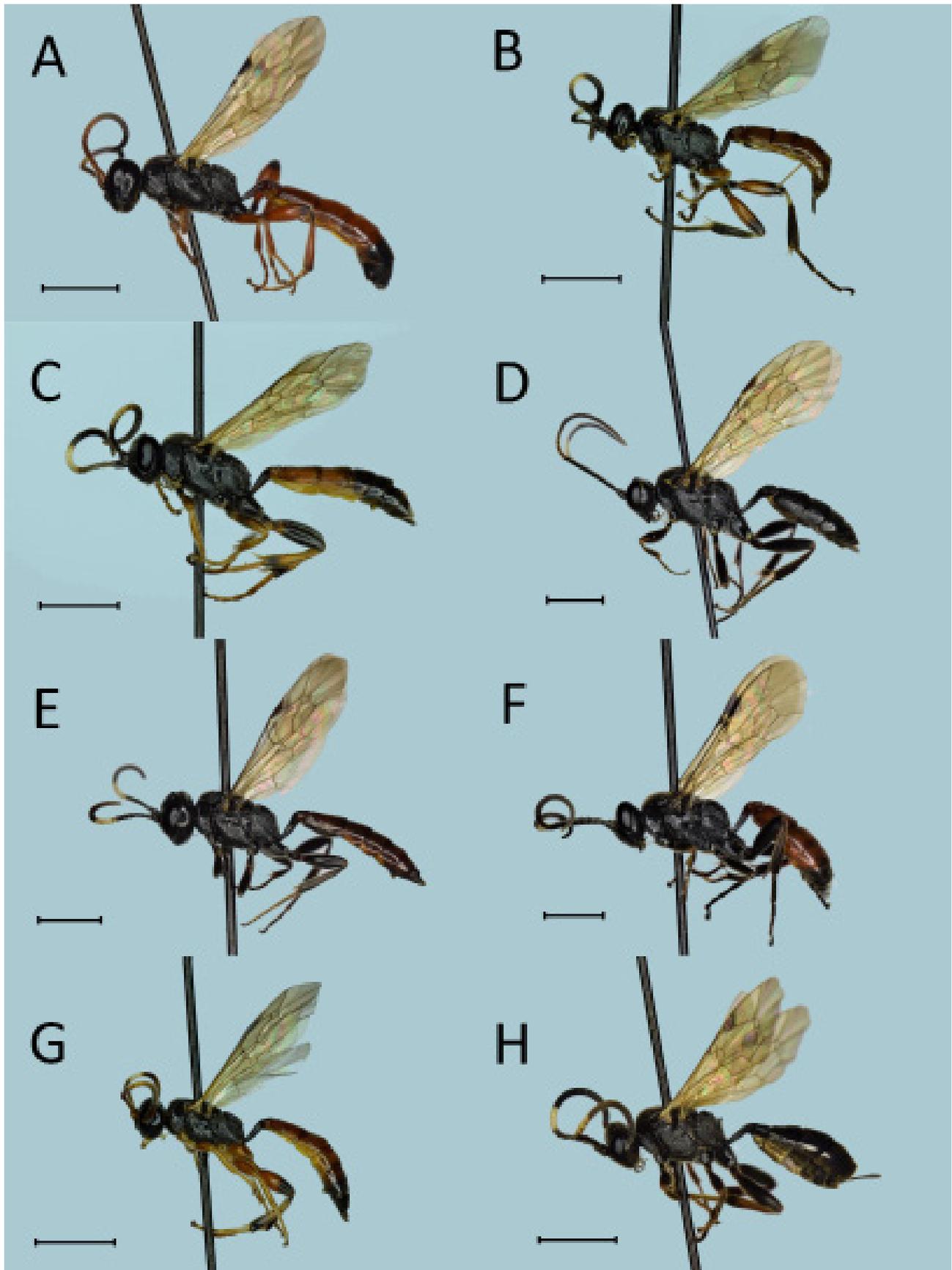


Fig. 2 - Habitus des espèces inventoriées. Échelle = 2 mm. A : *Colpognathus celerator*♀, B : *Homotherus locutor*♀, C : *Ichneumon simulans*♀, D : *Syspasis albiguttata*♀, E : *Tycherus cephalotes*♀, F : *Virgichneumon tergenus*♀, G : *Dirophanes fulvitaris*♀, H : *Rhembobius perscrutator*♀.

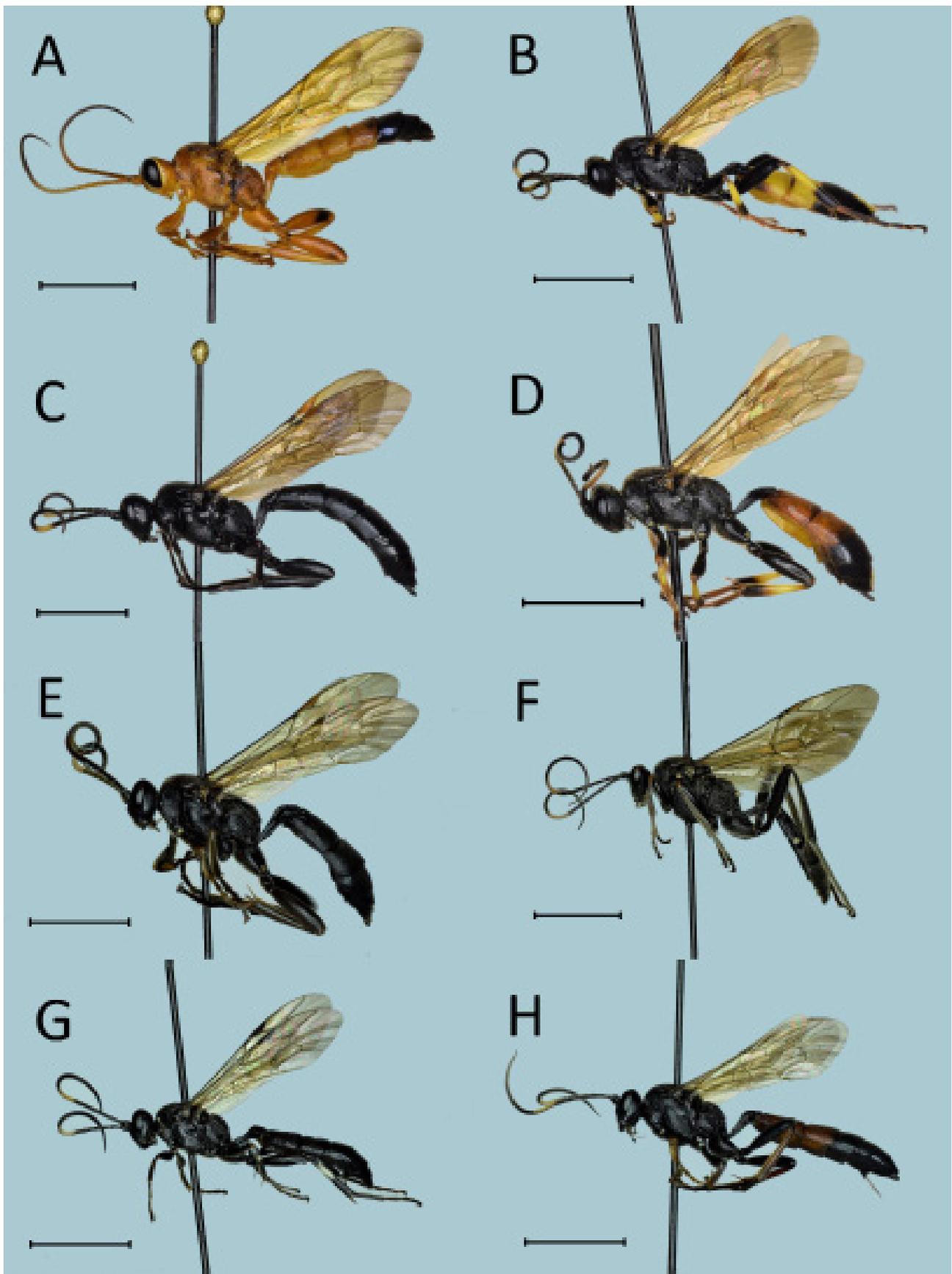


Fig. 3 - Habitus des espèces inventoriées. Échelle = 5mm. A : *Lymantrichneumon disparis* ♀, B : *Ichneumon stramentor* ♀, C : *Ichneumon lugens* ♀, D : *Ichneumon suspiciosus* ♀, E : *Ichneumon languidus* ♀, F : *Hoplismenus pica* ♀, G : *Orgichneumon calcatorius* ♀, H : *Stenichneumon culpator* ♀.

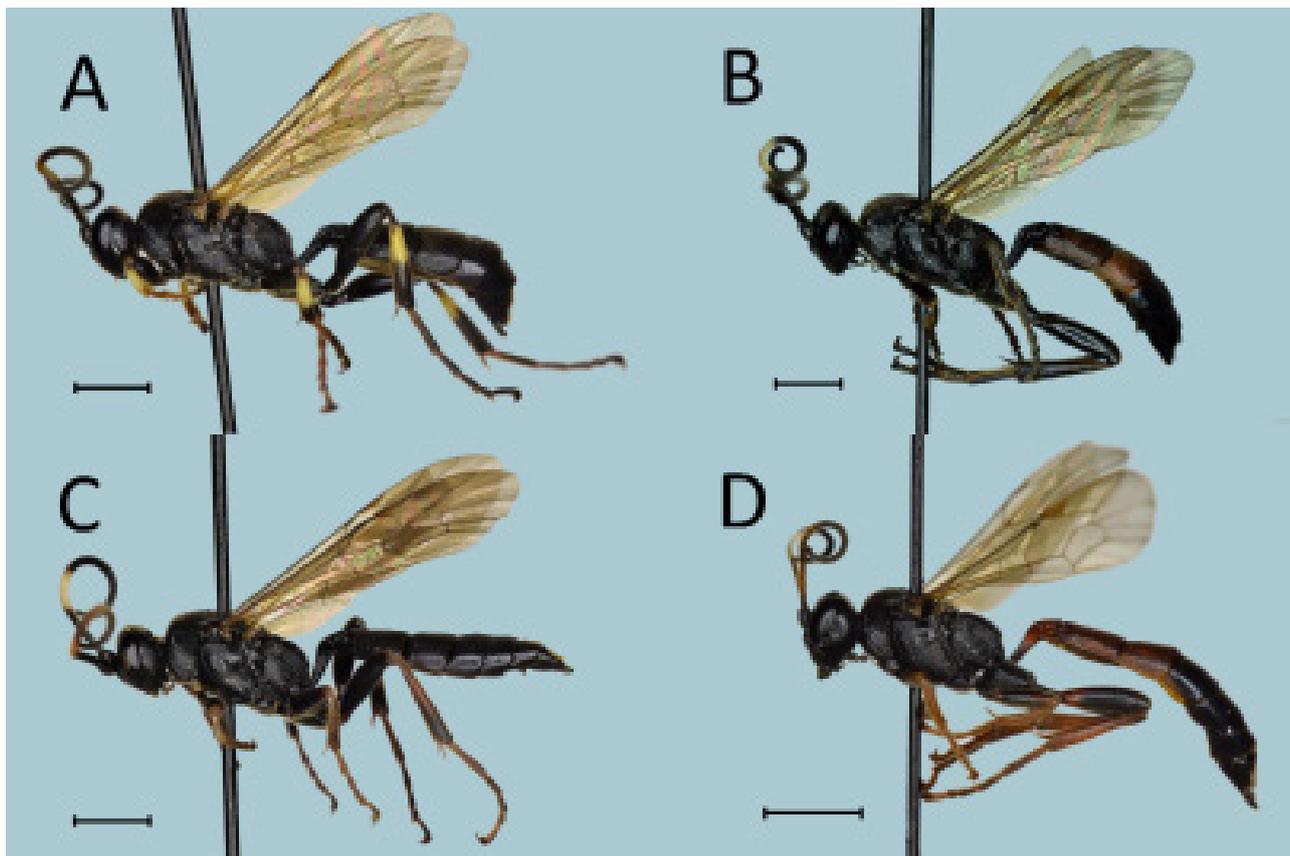


Fig. 4 - Habitus des espèces inventoriées. Échelle = 2mm. A : *Ichneumon molitorius*♀, B : *Ichneumon affector*♀, C : *Ichneumon inquinatus*♀, D : *Chasmias motatorius*♀.

Dirophanes fulvitaris (Fig. 2G) : 2♀♀ 25-i-2020 Point B.

Homotherus locutor (Fig. 2B) : 1♀ 25-i-2020 Point B.

Ichneumon molitorius (Fig. 4A) : 1♀ 05-i-2020

Point A.

Ichneumon simulans (Fig. 2C) : 2♀♀ 25-i-2020

Point B.

Rhembobius perscrutator (Fig. 2H) : 1♀ 05-i-2020

Point A.

Tycherus cephalotes (Fig. 2E) : 3♀♀ 05-i-2020

Point A, 1♀ 25-i-2020 Point B.

Virgichneumon tergenus (Fig. 2F) : 1♀ 05-i-2020

Point A.

En milieu forestier, les espèces végétales citées comme favorables (*Deschampsia*, *Molinia*) n'ont pas été retrouvées dans les secteurs prospectés. Les prospections se sont donc concentrées sur d'autres poacées. Parmi les quelques espèces de poacées échantillonnées, seul *Carex pendula* s'est révélé constituer un micro-habitat favorable aux Ichneumonidae hivernants. Ces observations d'Ichneumonidae hivernant dans *Carex pendula* semblent d'ailleurs inédites, ou du moins non-documentées à ce jour.

Les individus étaient tous logés entre les feuilles vers la base de la plante. Afin d'optimiser

les prospections, 4 secteurs échantillons ont été prospectés à l'aide d'un collecteur D-vac (Wilson *et al.*, 1993). Néanmoins, aucun spécimen n'a pu être collecté avec cette méthode, mais compte-tenu de la distribution agrégative des Ichneumonidae hivernants, il est difficile de tirer des conclusions solides quant à l'efficacité d'échantillonnage via cette méthode. Toutefois, l'utilisation d'un D-vac échantillonne aussi bien les invertébrés présents dans les poacées que dans la litière avoisinante ce qui peut constituer un biais quant aux conclusions sur l'écologie des espèces capturées. De ce fait, l'effeuillage manuel et minutieux semble nécessaire pour ce type de prospection, bien que nettement plus coûteux en temps.

À l'instar des individus hivernant dans les grumes, les Ichneumonidae retrouvés dans les *Carex* étaient généralement grégaires, mais avec jamais plus d'un seul spécimen par inter-feuille. Les pieds de *Carex* isolés n'abritaient aucun Ichneumonidae, seules les touffes assez denses (Fig. 6) étaient occupées. Cette observation est très probablement liée aux micro-conditions climatiques : les touffes plus denses sont plus isolantes et donc moins sujettes aux variations de températures durant la période hivernale.

3- Sous la mousse

Les prospections de ces micro-habitats se sont toutes révélées infructueuses. Ce constat ne semble pas si étonnant car d'après la bibliographie c'est



Fig. 5 - Exemple de grume favorable surplombant un petit cours d'eau.

celui présentant les densités d'Ichneumonidae hivernants les plus faibles (Lungu-Constantineanu & Constantineanu, 2014). Verheyde (in prep.) en arrive à la même, et les rares spécimens collectés sous la mousse se trouvent être en fait dans les interstices ou fissures des écorces, ce qui les lierait ainsi plutôt à l'habitat « grumes ».

Discussion et hypothèses

Cette étude aura permis de confirmer la biologie de *Rhembobius perscrutator*, espèce pour laquelle la femelle était déjà soupçonnée de passer l'hiver à l'état d'imago (Schwarz & Shaw, 2010). Les autres espèces étaient déjà connues pour hiverner, mais certaines ne sont que très ponctuellement observées et constituent donc des données intéressantes comme *Hoplismenus pica* ou *Ichneumon affector* notamment.

De manière générale, la distribution des Ichneumonidae hivernants suit donc une distribution agrégative, aussi bien dans les grumes au sol que dans les poacées. Ces rassemblements sont d'ailleurs bien souvent plurispécifiques. Ce phénomène est bien connu et a été mentionné à de nombreuses reprises (Kolarov, 1992 ; Lungu-Constantineanu & Constantineanu, 2014 ; Rasnitsyn, 1964 ; Sebald, Schönitzer & Diller, 2000 ; Townes, 1938), mais les mécanismes sous-jacents sont quant à eux plus méconnus. Valemberg et Vago (2013) ont émis plusieurs hypothèses dont celles de la production de signaux chimiques.

Des phénomènes d'agrégation induits par la production de substances chimiques ont déjà été étudiés chez plusieurs groupes taxonomiques hivernants, notamment chez *Harmonia axyridis* et *Hippodamia convergens* (Durieux *et al.*, 2012 ; Wheeler & Cardé, 2014). Bien qu'il s'agisse dans ces exemples de groupes monospécifiques, l'hypothèse d'agrégation par stimulus chimique chez les Ichneumonidae reste



Fig. 6 - Exemple de cariçaie à *Carex pendula* favorable

plausible. Il serait ainsi particulièrement intéressant d'étudier cette question, et de savoir par la même occasion si, dans le cas de production de composés chimiques indicateurs, ceux-ci peuvent être détectés et reconnus par d'autres espèces que celle qui les émet. Enfin, les communautés d'Ichneumonidae hivernants dans les deux types de micro-habitats sont clairement différentes. On observe au premier abord une différence taxonomique. En effet, les Ichneumonidae retrouvés dans les grumes de *Quercus* sont exclusivement des Ichneumoninae appartenant aux tribus Ichneumonini et Heresiarchini. À l'inverse, les espèces observées dans les *Carex* sont des Phygadeuontinae et des Ichneumonidae de la tribu Phaeogenini, mais deux femelles d'*Ichneumon molitorius* et de *Virgichneumon tergenus* (Ichneumonini) ont également été trouvées dans ce micro-habitat. Néanmoins, les différences observées semblent avant tout être corrélées à la taille des individus. La taille moyenne des spécimens collectés dans les *Carex* est significativement inférieure à celle des spécimens hivernants dans les grumes ($t = -10,21, p < 0,0001$; **Fig. 7**). Les espèces

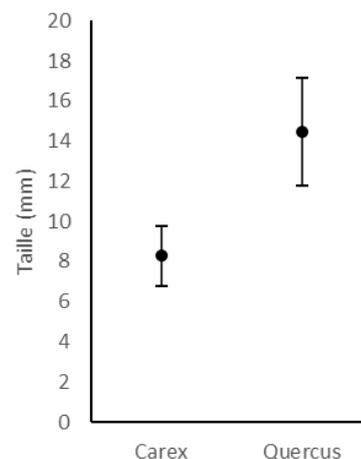


Fig. 7 - Comparaison de la taille moyenne des individus et leur écart-type en fonction du micro-habitat utilisé.

de petites tailles auraient donc tendance à privilégier les touffes de poacées, et les espèces de grande taille les grumes au sol. L'exclusion des espèces de grandes tailles dans les *Carex* est facilement explicable par la trop petite taille des espaces disponibles entre les feuilles de ces végétaux. Néanmoins, le phénomène d'exclusion des petites espèces sous les écorces des grumes ne peut quant à lui pas être imputé à la taille des individus.

Ce constat pourrait ainsi laisser supposer que la compétition interspécifique joue un rôle important dans la structure des communautés au sein des différents micro-habitats favorables. Les espèces de plus grande taille seraient alors plus compétitives, et pourraient amener à l'exclusion des espèces plus petites sur ce micro-habitat. Toutefois, la présence récurrente de groupes plurispécifiques, bien que composés d'espèces de taille assez similaire, semble aller à l'encontre de cette hypothèse.

La deuxième hypothèse est d'ordre physiologique. L'accès aux micro-habitats favorables situés sous l'écorce des grumes au sol pourrait s'avérer assez coûteuse en énergie, tout du moins plus coûteuse que l'accès aux micro-habitats favorables dans les poacées. Cette dépense calorique non-négligeable peu avant la période hivernale, et cumulée à la dépense liée à la production de glycérol (Duffield & Nordin 1970), pourrait représenter un coût pour la survie trop important chez ces espèces de petite taille. En effet, les espèces de petite taille, qui possèdent des réserves lipidiques moindres, seraient nettement moins durables dans les périodes de jeûne que les espèces de grande taille (Lease & Wolf, 2011). Cette limite physiologique les contraindrait à privilégier des micro-habitats plus accessibles et donc moins coûteux en énergie tels que les touffes de poacées ou la litière forestière. Cette hypothèse semble la plus plausible compte-tenu des résultats et des quelques données bibliographiques disponibles ; elle est également partagée par Verheyde (in prep.).

En conclusion, bien que les espèces hivernantes d'Ichneumonidae soient relativement connues, les processus sous-jacents qui régissent leur type de distribution au sein des différents micro-habitats sont très peu documentés. Par ailleurs, la connaissance concernant les micro-habitats favorables aux Ichneumonidae hivernants est loin d'être complète comme en témoigne cette nouvelle mention d'espèces hivernant dans *Carex pendula*. Le présent travail tend ainsi à encourager les investigations futures pour une meilleure connaissance de ces micro-habitats (en particulier celui des touffes de poacées) et des mécanismes structurant les communautés au sein de ceux-ci.

Remerciements

Je tiens avant tout à remercier Malcolm Storey et ses magnifiques photographies qui m'ont poussé à rechercher les Ichneumonidae hivernants dans les touffes de poacées, un micro-habitat encore peu étudié qui mérite pourtant davantage d'intérêt. Je remercie également Samuel Danflous qui m'a gracieusement prêté un D-vac pour mes prospections, ainsi que Fons Verheyde pour nos échanges toujours très intéressants.

Références

- Brustel H. & Clary J. (2000) - Oh, cette Grésigne! Acquisitions remarquables pour cette forêt et le Sud-Ouest de la France : données faunistiques et perspectives de conservation; supplément au catalogue de Jean Rabil, 1992-1995 (Coleoptera). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 105(4) : 357-374.
- Brustel H. (2001) - Oh, cette Grésigne! Données faunistiques nouvelles pour cette forêt (Coleoptera) : (deuxième supplément au catalogue de Jean Rabil, 1992, 1995). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 106(5) : 473-482.
- Cateau E. (2016) - *Réponse des coléoptères saproxyliques aptères aux perturbations anthropiques des forêts et des paysages*. Université de Toulouse. Thèse. 239 p.
- Duffield R.M. & Nordin J.H. (1970) - Hibernation and the production of glycerol in the Ichneumonidae. *Nature*, 228(5269) : 381-381.
- Durieux D., Fischer C., Brostaux Y., Sloggett J. J., Deneubourg J. L., Vandereycken A., Joie E., Wathelet J.P., Lognay G., Haubruge E. & Verheggen F. J. (2012) - Role of long-chain hydrocarbons in the aggregation behaviour of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of insect physiology*, 58(6) : 801-807.
- Kolarov J.A. (1992) - On the hibernation and spreading of some ichneumonids (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Acta Zoologica Bulgarica*, 45: 104-106.
- Lease H.M. & Wolf B.O. (2011) - Lipid content of terrestrial arthropods in relation to body size, phylogeny, ontogeny and sex. *Physiological Entomology*, 36(1) : 29-38.
- Lungu-Constantineanu C.Ş. & Constantineanu R. (2014) - New data on Ichneumonid hibernation (Hymenoptera: Ichneumonidae) in the Bârnova Forest Massif (Iași County, Romania). *Romanian Journal of Biology*, 59(1) : 11-16.
- Rabil J. (1992) - Ah, cette Grésigne ! Catalogue des

- Coléoptères de la forêt de Grésigne (Tarn). *Nouvelles archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon*, fascicules 29-30 : 1-174.
- Rasnitsyn A.P. (1964) - Overwintering of Ichneumon Flies (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Entomological Review*, 43 : 24–26.
- Sardet E. & Defaut B. (2003) - Méthodologie générale pour la constitution de listes d'orthoptères menacés en France. *Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques*, 8 : 21-25.
- Schwarz M. & Shaw M.R. (2010) - Western Palaearctic Cryptinae (Hymenoptera: Ichneumonidae) in the National Museums of Scotland, with nomenclatural changes, taxonomic notes, rearing records and special reference to the British check list. Part 4. Tribe Phygadeuontini, subtribes Mastrina, Ethelurgina, Endaseina (excluding Endasys), Bathytrichina and Cremnodina. *Entomologist's Gazette*, 61: 187-206.
- Sebald H., Schönitzer K. & Diller E. (2000) - Überwinternde Ichneumoniden in Bayern. *Beiträge zur Hymenopterologen-Tagung in Stuttgart* (im Druck).
- Townes H.K.(1938) - Ichneumon hibernation in the Northeastern United States (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Entomological News*, 49 (8) : 219-221.
- Valembert J. & Vago J.L. (2013) – Ichneumoninae hibernant du Laonnois (Hymenoptera Ichneumonoidea Ichneumonidae). *Bulletin de la Société Entomologique du Nord de la France*, 347 : 6-15.
- Verheyde F. (in prep.) - Ecology and behaviour of ichneumonid wasps specialised in tree hibernation.
- Wheeler C.A. & Cardé R.T. (2014) - Following in their footprints: cuticular hydrocarbons as overwintering aggregation site markers in *Hippodamia convergens*. *Journal of chemical ecology*, 40(5) : 418-428.
- Wilson S.W., Smith J.L. & Purcell A.H. (1993) - An inexpensive vacuum collector for insect sampling. *Entomological News*, 104(4) : 203-208.

Accepté le 24 mai 2020
Publié en ligne (pdf) le 17 juin 2020

Inventaire des diatomées sur les lichens et causes de leur présence

Jean Bertrand¹, Clothier Coste² et Delphine Rolland³

Résumé

Afin de confirmer les résultats de l'étude préliminaire sur la colonisation des lichens par les diatomées, dans cinq régions géographiques explorées, il a été effectué 84 récoltes sur six genres de lichens différents. La situation des lichens près de plans d'eau, de rivières, de routes ou d'isolement a été consignée. L'altitude des lieux où résident les lichens et leurs positions sur les supports tels que des arbres a été soigneusement notée. Dans ces récoltes, il a été relevé 598 espèces de diatomées pour un comptage total de 89 180 frustules. Le nombre de taxons par récolte est extrêmement variable, variant de 22 à 185 pour une moyenne de 62 au lieu de 76 dans l'étude préliminaire. L'abondance absolue des frustules pour un gramme de matière sèche de lichen varie de 1 824 à 1 381 892 pour une moyenne de 73 556. Trente-sept pour cent des espèces ont une occurrence de un (présence sur une seule récolte) et 8,75 % (53 espèces) ont une occurrence de 82 représentants 80 % de l'abondance. La diversité des espèces est particulièrement importante puisqu'elle est en moyenne de 30 % supérieure à cinq autres biotopes tels que rivières, mares, tourbières, déversoirs et sources. Cette diversité est corroborée par les courbes de richesse qui sont majoritairement de forme parabolique, montrant que l'augmentation du nombre d'espèces présentes dans les lichens d'une récolte est continue quel que soit le nombre de frustules comptées.

Le long de grands fleuves ou d'étangs de grandes dimensions, la provenance des diatomées est bien confirmée par l'action des vents prélevant dans l'eau et entraînant les diatomées sur les lichens situés sur les arbres d'environnement immédiat. Par contre l'influence est nulle pour les rivières encaissées, l'intérieur des forêts et même pour des tourbières arborées car les corrélations sont nulles entre les peuplements de diatomées des lichens et les diatomées des eaux. Cependant l'influence de l'homme modifie parfois de manière drastique ce schéma, comme dans le cas d'installations de canons à neige qui puisent l'eau des torrents, des étangs, naturels ou artificiels et la pulvérise avec les diatomées sur tous les végétaux environnants. L'apport éolien est donc confirmé ainsi que le rôle de « coffre-fort » des lichens. Il semble que les diatomées participent d'une manière très faible à la pollution de l'air, puisse que non signalée dans les stations de surveillance.

Mots-clés : lichens, diatomées, algues aéroportées, pollution atmosphérique, colonisation.

Abstract

In order to confirm the results of the preliminary study on the colonisation of lichens by diatoms, in five geographic regions explored, 84 collections were made on six different lichen genera. The situation of lichens near bodies of water, rivers, roads or in isolation was recorded. The elevation of places where the lichens reside and their positions on substrates such as trees were carefully noted. In these samplings, 598 species of diatoms were identified for a total count of 89,180 frustules. The number of taxa per sampling is extremely variable, varying from 22 to 185 for an average of 62 instead of 76 in the preliminary study. The absolute abundance of frustules per one gram of lichen dry matter varies from 1824 to 1 381 892 for an average of 73 556. Thirty-

1. 42 rue de Malvoisine, 45800 Saint Jean de Braye, France. j.r.bertrand@orange.fr

2. 26 rue de Venise, 81100 Castres, France

3. DREAL Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement du Centre-Val de Loire, 5 avenue Buffon, 45064 Orléans, France

seven percent of the species have an occurrence of one (found in one single sampling) and 8.75% (53 species) have an occurrence of 82, representing 80% of the abundance. The diversity of species is particularly important since it is on average 30% higher than five other biotopes such as rivers, ponds, peat bogs, weirs and springs. This diversity is corroborated by the frequency curves which are predominantly parabolic in shape, showing that the increase in the number of species present in the lichens of a sampling is continuous regardless of the number of frustules counted.

Along large rivers and sizeable ponds, the origin of diatoms is well confirmed by the action of winds drawing in water and dragging the diatoms to the lichens located on trees in the immediate environment. On the other hand, the influence is zero for deep-seated rivers, the interior of forests and even for wooded peatlands because correlations are zero between populations of lichen diatoms and water diatoms. However, the influence of humankind sometimes drastically modifies this scheme, as in the case of snow cannon installations drawing water from torrents and ponds, whether natural or artificial, spraying diatoms on all surrounding plant-life. The wind input is therefore confirmed as well as the role of a «strongroom» for lichens. It appears that diatoms contribute very little to air pollution, since they are not reported at monitoring stations.

Keywords: Airborne algae, atmospheric pollution, colonization, diatoms, lichens.

1. Introduction

L'étude préliminaire sur la présence des diatomées sur les lichens (Bertrand *et al.*, 2016) avait permis de constater la quasi-permanence des diatomées sur tous les lichens fruticuleux récoltés. Toutefois, l'échantillonnage restreint en quantité (15 récoltes) et trop localisé ne permettait pas une généralisation du phénomène, tant sur le plan quantitatif que qualitatif et taxonomique des diatomées. De même l'appétence de diatomées spécifiques pour les différents genres de lichens n'avait pas été concluante. Il ressortait de ces résultats provisoires que ces colonisations pouvaient être dues à l'influence éolienne, confortant par ailleurs toutes les recherches dument exposées précédemment sur le rôle des vents dans la dispersion des diatomées (Bertrand *et al.*, 2016). Cependant des points importants et surprenants avaient été soulevés, telle la dominance spécifique de certaines diatomées dans des conditions que l'on ne retrouvait pas ailleurs. Cette dominance méritait d'être approfondie car elle sous entendait que certains taxons de diatomées pouvaient se reproduire sur et/ou dans les lichens. De même, l'abondance exceptionnelle (moy. 76 frustules / récolte dans les lichens au lieu de 37 pour les rivières) et la présence de diatomées fossiles tendait à nous faire admettre que les lichens stockaient les diatomées au cours du temps. Pour confirmer ou infirmer ces résultats, il nous a semblé important de poursuivre ce travail en étendant nos récoltes sur des lieux plus diversifiés et en plus grande quantité comme nous le préconisons dans les conclusions de notre précédent article.

Ce deuxième article va donc se limiter à la composition et à l'analyse des récoltes de diatomées sur divers genres de lichens afin de conforter ou non les résultats de l'article préliminaire en augmentant la base de données jusqu'à 84 récoltes dans cinq régions. Il s'agit également de quantifier en valeur absolue la richesse et l'abondance des diatomées par rapport aux lichens. De mesurer les corrélations des peuplements diatomiques entre genres de lichens contigus aux rivières, lacs, étangs. De s'assurer de l'absence de biais concernant le nombre d'espèces récoltées en fonction des quantités de lichens récoltés et/ou du nombre de diatomées comptées afin d'avoir une vue la plus exacte possible de ces « pollutions » ou « colonisations ».

2. Matériels et méthodes

Les lichens fruticuleux de six genres ont été récoltés : *Usnea*, *Evernia*, *Pseudevernia*, *Ramalina*, *Cladonia* et nous avons ajouté *Parmelia*, un lichen plaqué sur les branches et les rochers, afin de définir si seuls les lichens fruticuleux captaient des diatomées. Ces genres ont été récoltés dans 5 régions : Alpes 6 récoltes, Centre 37, Est 1, Massif central 17, Pyrénées 23 (**Fig. 1**). Les lieux des récoltes ont été choisis pour couvrir la plus grande amplitude des altitudes : 100 à 150 m dans le Centre, 300 m dans l'Est, 180 à 1650 m dans le Massif Central, 170 à 1375 m dans les Pyrénées, 1400 m dans les Alpes. De même la situation des lichens sur les arbres en général a été prise en compte : hauteur minimale 1 m au-dessus du sol jusqu'à 20 mètres au sommet

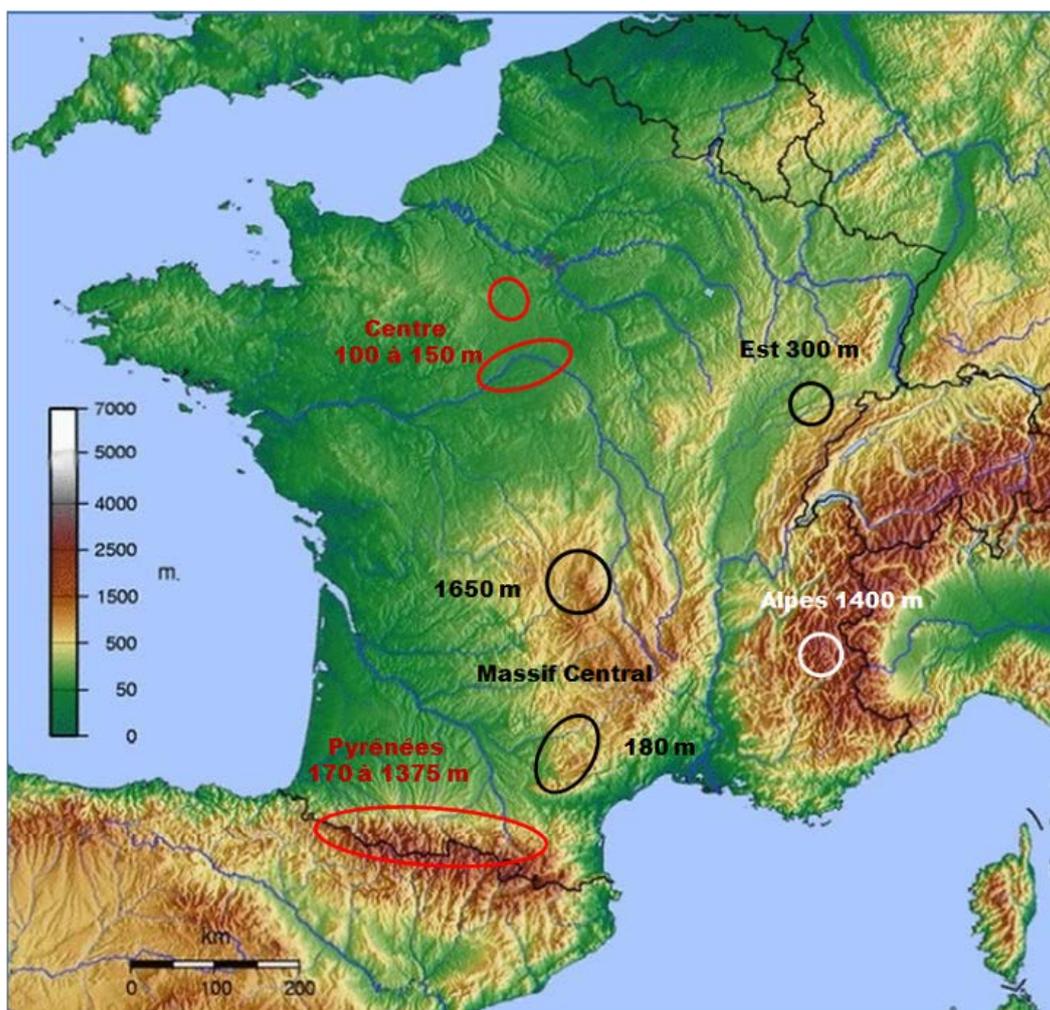


Fig. 1 – Régions et altitudes des prélèvements de lichens.

des arbres sauf pour les *Cladonia* qui sont des genres normalement terrestres. La situation et la distance des lichens par rapport aux rivières ou aux lacs et étangs, ainsi que sur les bords des routes ou dans les forêts ont été consignés également. Dans la mesure du possible un nombre équivalent de récoltes par genres de lichens a été effectué afin d'éviter un biais d'échelle : 13 *Pseudevernia*, 10 *Cladonia*, 15 *Evernia*, 11 *Parmelia*, 12 *Ramalina*, 23 *Usnea*.

La méthode d'isolation des diatomées adoptée lors de la publication précédente semblait longue et délicate. Elle nous a conduit à tenter deux autres méthodes.

2.1. Méthodes inadaptées (essais)

a) Détection avec supports gélatinés pour la capture des diatomées dans les courants aériens.

Dans le précédent article (Bertrand *et al.*, 2016) nous concluons que le vent était prépondérant dans la dispersion des diatomées sur les lichens. Toutefois,

nous voulions une démonstration plus caractéristique, sans ambiguïté et confrontée à l'expérience de Sherwood, Conklin & Liddy (2014), c'est pourquoi nous avons demandé une collaboration bien acceptée par RNSA (Réseau National de Surveillance Aérologiques), organisme de recherche des pollens dans le cadre des avertissements de pollution. Cet organisme récolte des pollens issus d'appareils capteur de vent situé dans des endroits critiques à raison de 10 litres/h pendant 7 jours puis transférés sur des lames enduites de gélatine glycinée, chaque lame représentant 24 heures d'exposition. Il nous a été offert pour nos observations 30 lames ayant été exposées dans 3 villes différentes (Le Puy-en-Velay, Narbonne, Montluçon). Les pollens sont bien distincts ainsi que les quantités importantes de poussières diverses, minérales et végétales. Par contre il a été impossible de détecter la moindre diatomée malgré plusieurs essais à différents systèmes d'éclairage (contraste de phase, interférentiel, polarisation, oblique) et grossissement différents. Peut-être également les

diatomées ne se sont-elles pas posées en grand nombre du fait de la courte exposition (24 heures par lame). Après réflexion et expérimentation avec des diatomées « essicata » de notre collection, montées dans de la gélatine glycinée, les diatomées sont très difficilement discernables en lumière transmise et légèrement apparentes en contraste de phase. La cause étant probablement l'indice de réfraction trop proche de celui de la silice hydratée des frustules. Ce qui met un doute sur les observations de Sherwood *et al.*, (2014) qui n'ont détecté que deux espèces : *Luticola mutica* (Kützing) D.G. Mann et *Tryblionella debilis* (Arnott ex O'Meara).

b) Digestion par des enzymes. La difficulté d'isolement des diatomées dans ou sur les lichens nous a conduit à essayer la digestion par des enzymes. Enzymes utilisés, par comprimé : Extrait de bile de bœuf. 130 mg pancréatine. 130 mg (concentrée 4x) fournissant protéase, amylase et lipase- bêtaïne. 65 mg, *Aspergillus oryzae*. 65 mg, amylase (1755 DU), papaïne. 32 mg Extrait de pepsine, 30 mg ; préparation simple par dissolution d'un comprimé dans 250 cm³ d'eau déminéralisée nous avait séduits. Or le chauffage à 37°C en étuve pendant 3 mois, avec un contrôle toutes les semaines, ne nous a donné qu'une bouillie d'où il était impossible d'extraire les diatomées. De plus les hyphes du lichen n'étaient qu'en partie digérés. Par contre la quantité considérable de poussières diverses incluses dans les lichens a bien été révélée par la polarisation.

2.2. Méthode définitivement adoptée.

Les diatomées ont été extraites des thalles des lichens ou des podétions (parties érigées) par la méthode

suivante : réhydratation pendant 24 heures avec 3 cm³ d'eau. Puis ajout d'H₂O₂ à 30% dans 125 cm³ d'eau pendant 3 jours. Complément à la précédente étude, la récolte est passée aux ultrasons dans l'eau pendant 20 minutes, puis retrait des thalles de lichens du bécher après une forte agitation. Les sorédies restantes sont concentrées au fond du bécher, elles sont ensuite mises dans de l'H₂O₂ et chauffées à 60°C pendant 24 heures. Après décantation et 3 lavages successifs à l'eau déminéralisée, les diatomées sont prêtes pour le grillage, étape indispensable afin d'éliminer les dernières traces de matières organiques et la chitine des hyphes des sorédies.

Les diatomées traitées sont séchées par évaporation lente sur une lamelle. La lamelle séchée est déposée sur une plaque chauffante à environ 600°C (couleur rouge sombre) pendant 10 minutes, recouverte d'un couvercle afin de confiner la chaleur et éviter les courants convectifs. Après destruction de la matière organique par grillage, y compris la cellulose et la chitine, il ne subsiste normalement que la silice des diatomées et la cendre des résidus.

Après refroidissement de la lamelle, celle-ci est observée au microscope électronique à balayage (MEB) après métallisation, ou bien elle est montée au Naphrax® (indice de réfraction 1,74) pour examen en microscopie photonique à contraste de phase. Les observations des sorédies se font à faible grossissement (40 à 100 X), celles des diatomées au grossissement 1000 X en immersion.

Les comptages en abondance pour détecter le maximum de taxons ont été effectués sur une moyenne de 1 070 frustules par lamelle.

Pour obtenir des valeurs d'abondance absolue des diatomées sur les lichens pour un gramme de matière

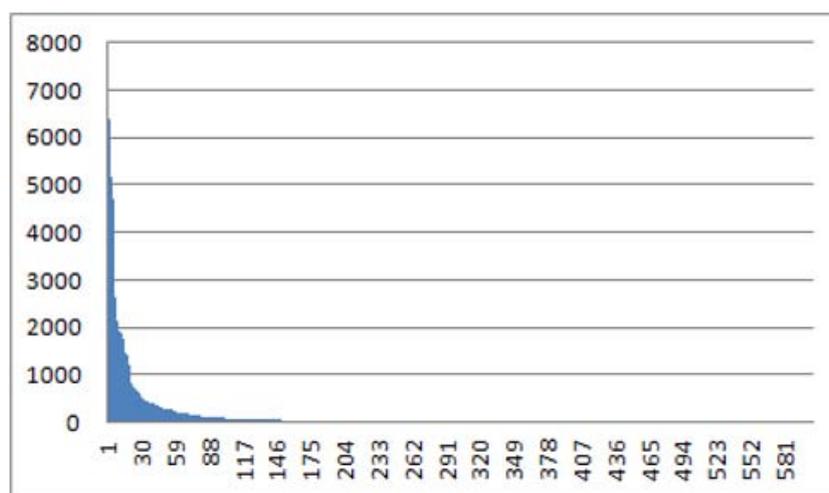


Fig. 2 – Graphique de la répartition des abondances par ordre décroissant de 598 diatomées sur les six genres de lichens.

sèche de lichen, les échantillons séchés ont été pesés avant traitement. Puis les culots ont été dilués dans 3 à 10 cm³ d'eau distillée suivant l'abondance ou l'opacité des résidus, dans laquelle il a été prélevé après homogénéisation cinq gouttes déposées sur une lamelle dégraissée. Les comptages en valeur absolue ont été effectués sur la totalité de la surface déposée (temps moyen d'observation, 10 heures par lame).

À l'aide de la formule suivante, on obtient : Nombre absolu pour un gramme de matière sèche = Nombre de cellules comptées x (volume de dilution / volume des 5 gouttes) / Poids de l'échantillon en grammes (ou surface prélevée en cm²).

Avant de procéder aux calculs de corrélation (Pearson) nous avons normalisé les peuplements diatomiques qui suivent tous une loi hyperbolique (confirmée par le grand écart entre la moyenne et la médiane) par $N_L = (n+1) \times \text{Log}_2$, où « n » correspond au nombre d'individus par espèce, $N_L = \log$ de n.

Les indices de Shannon (Shannon & Weaver 1949) ont été calculés également avec Log_2 , les effectifs par espèces ont aussi été log-transformés.

Les analyses statistiques AFC (analyse factorielle des correspondances) ont été conduites à l'aide du logiciel ADE4 (Doledec & Chessel, 1994 ; Thioulouse *et al.* 1997). Les axes 1 (inertie.10.97%) et 3 (inertie.7.93 %) ont été préférés aux axes 1 et 2 pour une meilleure lisibilité spatiale du graphique.

Petit lexique (rappel)

Abondance : Quantité d'individus de la même espèce dans un lieu donné.

Richesse : Quantité d'espèces dans un lieu donné.

Indice Shannon : Indice mesurant la richesse dans un peuplement donné.

Peuplement : quantité d'espèces et leur abondance dans un lieu donné.

Les genres et espèces des diatomées ont été déterminés d'après Germain (1981), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, b), Krammer (1992), Lange-Bertalot (1993), Lowe *et al.* (2014) ainsi que la littérature la plus récente.

Les genres et espèces de lichens ont été déterminés d'après Smith *et al.* (2009).

Les espèces d'arbres ont été identifiées à l'aide de Blamey & Grey-Wilson (1991).

3. Résultats

Cette étude, basée sur l'examen des 84 récoltes effectuées sur six genres de lichens (poids total de 135,21 grammes, moyenne par récolte 1,61 g.), a permis d'inventorier un total de 598 taxons de diatomées (minimum 22 jusqu'à 185 espèces par récolte), pour un comptage cumulé de 89 451 frustules (93 à 9 600 par récolte, la limite d'exploration étant fixée par la surface du dépôt des 5 gouttes sur la lamelle (**Tableau en annexe**). La caractéristique dominante de ces récoltes est la répartition de l'abondance régressive des espèces selon une loi hyperbolique prononcée de l'abondance relative des espèces (**Fig. 2**). Par ailleurs, la courbe de richesse des espèces (évolution de la richesse en fonction de l'abondance des taxons) s'établit selon une loi de puissance (courbe parabolique **Fig. 3**). En comparaison, dans les milieux où les espèces vivantes sont abondantes et en pleine

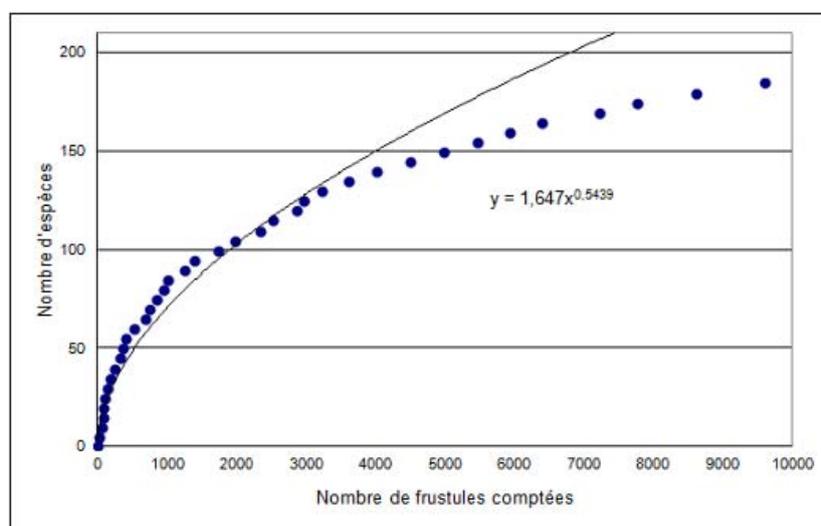


Fig. 3 – Courbe d'apparition de nouvelles espèces (courbe de richesse) de diatomées colonisant un lichen du genre *Ramalina* au cours du comptage jusqu'à 10 000 diatomées dans une même récolte. Cette courbe prend la forme parabolique.

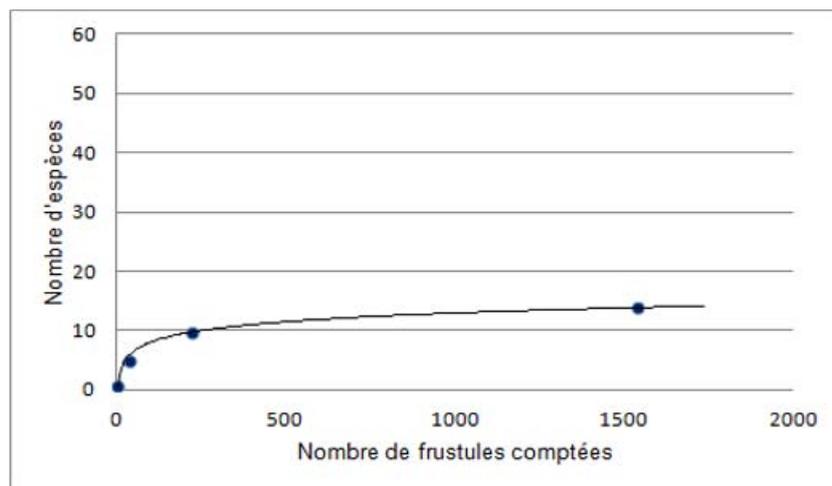


Fig. 4 – Courbe d'apparition de nouvelles espèces (courbe de richesse) de diatomées colonisant le plancton d'un étang au cours du comptage de 1 500 diatomées d'une même récolte. Cette courbe prend la forme logarithmique.

réplication (Canard & Poinot, 2004 e-publication) tels les fleuves, lac et étangs, nous obtenons une loi logarithmique. Dans les 84 récoltes, les courbes de richesse se répartissent ainsi : puissance 67 %, indéterminées 20 % et logarithmiques 13 %. Nous retrouvons cette dernière loi dans les récoltes du plancton du Lac des Hermines de Besse en Chandesse (**Fig. 4**) ou dans celui de l'Étang des Ruets, à Marigny les Usages.

Cette richesse exceptionnelle est d'ailleurs confirmée par les indices de Shannon des récoltes des lichens comparés à d'autres milieux : deux rivières (Le Rouaire et le Bourillon), 14 sources du Loiret (Bertrand *et al.*, 1999), 59 sphaignes des tourbières de Senonches (Bertrand & Boudier, 2009), 16 grattages sur le déversoir du Canal d'Orléans (Bertrand, 2003) et 140 mares du programme Valmares (Bertrand *et al.*, 2013, 2014, 2015). Tous les indices de Shannon & Weaver des lichens (moyennes et maximum) sont supérieurs de 31 % aux autres biotopes (**Tab. 1**).

Par soucis d'éviter un ou des biais préjudiciables à la bonne interprétation des résultats et afin de travailler sur des bases solides, nous avons testé corrélation nulle ($0.0016 p > 0.1$) entre le nombre d'espèces et le poids de lichen de chaque récolte ; de même, la corrélation entre le nombre d'espèces relevées et le nombre de frustules comptées par récolte ($0.078 p > 0.1$) est nulle. Également, la corrélation entre l'abondance absolue pour un gramme de matière sèche de lichen et l'indice de Shannon et Weaver est nulle ($-0.169 p > 0.1$). De plus l'analyse inter-genres des lichens et de leurs peuplements de diatomées montre les corrélations nulles (**Tab. 2**) pour la presque totalité des genres de lichens, sauf entre le genre *Evernia* et

les genres *Cladonia* et *Pseudevernia*, sans pour autant atteindre un niveau de similarité significatif.

Du point de vue de la colonisation des genres de lichens par les diatomées, ce sont les *Usnea*, avec 333 espèces (55 %), qui dominent, suivies par les *Evernia* (311 - 51 %), *Ramalina* (300 - 49.5 %), *Parmelia* (255 - 42 %), *Cladonia* (232 - 38.4 %), et *Pseudevernia* (223 - 36.9 %). Il est remarquable que *Parmelia*, genre de lame plaquée sur le support, capte presque autant qu'*Evernia prunastri* qui est une espèce fruticuleuse extrêmement ramifiée. Le nombre d'espèces par récolte s'établit en moyenne à 62 espèces allant de 42,5 chez *Pseudevernia*, à 73,7 chez *Evernia*. Toutefois leur nombre mini et maxi par récolte montre un écart spectaculaire puisqu'il s'étend de 46 chez *Usnea* jusqu'à 185 pour *Ramalina*. Il est à noter que dans l'étude Bertrand *et al.* (2016) la moyenne s'établissait à 76 espèces par récolte.

Concernant l'abondance des frustules par espèces, la loi générale est la distribution hyperbolique. Dans chaque récolte : 2 ou 3 espèces vont jusqu'à 20/25 % de l'abondance, puis le reste se distribue à raison de 0,1 à 4 % (médiane 3,3) entre les 40 à 185 espèces.

Nous avons vu dans l'article précédent que les sorédies semblaient servir de moyen de capture et de réservoir pour les diatomées. En général tous les genres de lichens produisent des sorédies à un moment ou un autre de leur développement. Le recensement systématique de toutes les sorédies (ou plus exactement de ce que nous pensons être des restes de sorédies après grillage) contenant des diatomées, dans la totalité des 84 récoltes, nous a permis d'appréhender l'étendu et la réalité de ce phénomène. En fait nous avons répertorié 46 % des

	Nb. récoltes	Moyennes	Maximum	Minimum	Ecart type
Lichens	84	4.3	6.16	1.2	1.1
Rouaire	7	3,71	4,7	1,9	0,9
Bourillon	7	3,9	5,1	3,3	0,5
Sources	14	3.17	4.55	1.6	0.7
Sphaignes	59	2.4	4.68	0.15	1.4
Déversoir	16	2.68	4.67	1.15	0.95
Mares	140	2.99	4.83	0.5	0.75

Tab. 1 – Comparatif des indices de Shannon avec divers biotopes.

récoltes qui possèdent des blocs de « sorédies » de dimensions allant de 10 µm à 160 x 75 µm, composés d'amas plus ou moins fracturés de diatomées. Celles-ci sont composées le plus souvent de diverses espèces, exceptionnellement d'une seule espèce, ce qui pose d'ailleurs un problème épineux. Ces blocs sont présents à raison d'une moyenne de 3,7 par récolte possédant de sorédies (min.1, max. 45) et composés

de 47 frustules en moyenne (min 4, max 172).

Il semble que certains genres soient plus prolifiques que d'autres (Fig. 5). Ainsi les sorédies du genre *Evernia* représentant 40,5 % dominant largement, elles contiennent 46 % des frustules encloses dans les sorédies. En second lieu nous trouvons le genre *Parmelia* (lichen foliacé, donc plaqué sur le support) ne représentant plus que 23,4 % mais avec seulement

Corrélations intergenres des lichens pour 90% d'abondance						
	Evernia	Ramalina	Usnea	Cladonia	Pseudv.	Parmelia
Evernia	1					
Ramalina	0,072 p>0,1	1				
Usnea	0,023 p>0,1	0,015 p>0,1	1			
Cladonia	0,206 p>0,01	0,144 p>0,1	0,009 p>0,1	1		
Pseudv.	0,031 p>0,1	0,147 p>0,01	0,019 p>0,1	0,048 p>0,1	1	
Parmelia	0,264 p>0,01	0,099 p>0,1	0,006 p>0,1	0,060 P>0,1	0,079 p>0,1	1

Tab. 2 – Corrélations des peuplements diatomiques sur les divers genres de lichens.

14 % des frustules. Vient ensuite le genre *Ramalina* (fruticuleux) n'apparaissant que pour 18 % avec 12 % des frustules. Le genre *Usnea* pourtant surreprésenté dans la totalité des récoltes, n'apparaît que pour 12,6 % mais avec un stock de 25 % de frustules. Enfin les sorédies de *Pseudevernia*, spécifique des sapins d'altitude, ne participent que pour 5,5 % avec seulement 2,7 % des frustules. Cependant exceptionnellement nous trouvons 14 sorédies dans la récolte de Dijon contenant 346 frustules. Quant à *Cladonia*, il est absent de notre comptage des sorédies, alors que les apothécies sont souvent gainées de sorédies.

L'analyse factorielle de correspondance (AFC) des 84 récoltes comprenant 175 espèces (après élimination de 430 espèces non déterminantes (une espèce par récolte et moins de 10 frustules par récolte soit 0.83 %) (Fig. 6), montre une répartition extrêmement dispersée (inertie total des 3 axes principaux = 28,3% ; axe 1 = 10,97 % ; axe 2 = 9,47 % ; axe 3 = 7,93 %). L'AFC des genres de lichens se montre également non directive (Fig. 7). Les genres *Cladonia* et *Ramalina* se détachent du groupe, par contre,

Evernia, *Usnea*, *Parmelia* sont plus concentrés vers le point d'inertie central. Il reste le cas de *Pseudevernia* particulièrement excentré qui pose problème, nous y reviendrons.

Quant à l'AFC des quatre régions principales, trois sont bien groupées (Alpes, Centre, Pyrénées) près du centre d'inertie général et montrent l'absence de directivité. Par contre l'isolement du Massif Central (Fig. 8) est caractéristique et repose à nouveau la question du cas des lichens du genre *Pseudevernia*. Globalement le classement et l'analyse des espèces montrent que seulement 8,5 %, soit 43 des espèces, représentent 80 % de l'abondance. *A contrario* 38 %, soit 230 espèces, ne sont présentes que dans une seule récolte pour une abondance totale de 0.9 %.

Les 6 espèces de diatomées les plus abondantes sont *Aulacoseira italica* (8,4 %), *Achnanthydium minutissimum* (7,2 %), *Pinnularia borealis* (6,9 %), *Planotidium lanceolatum* (5,8 %), *Diadesmis contenta* (5,7 %), *Hantzschia amphioxys* (5,3 %). Elles représentent à elles seules 39 % de l'abondance totale.

Les 6 espèces les plus communes sont *Hantzschia*

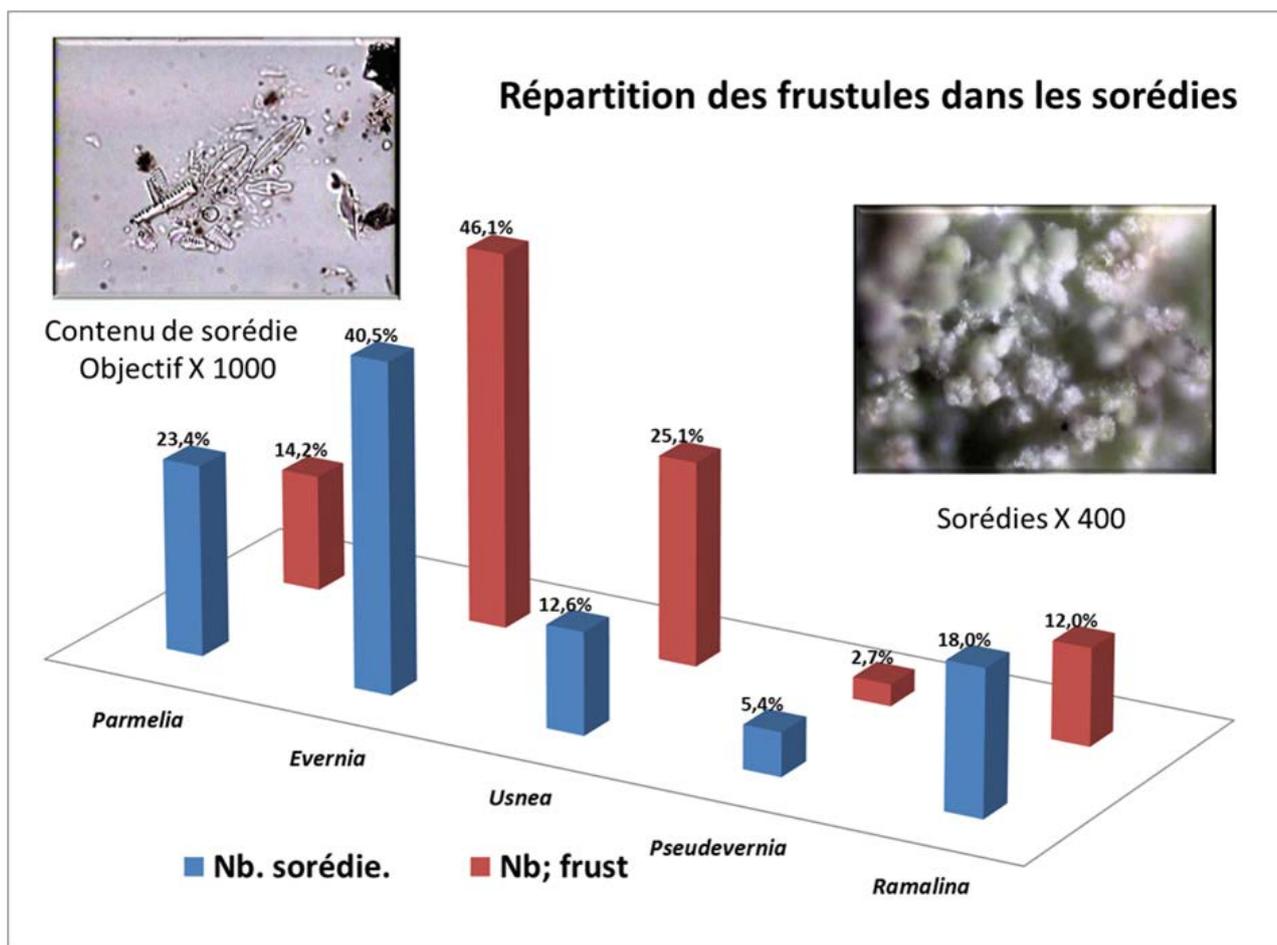


Fig. 5 – Graphe permettant la comparaison des relations entre les abondances relatives des sorédies et des groupements de diatomées (nb. de frustules) incluses dans les six genres de lichens.

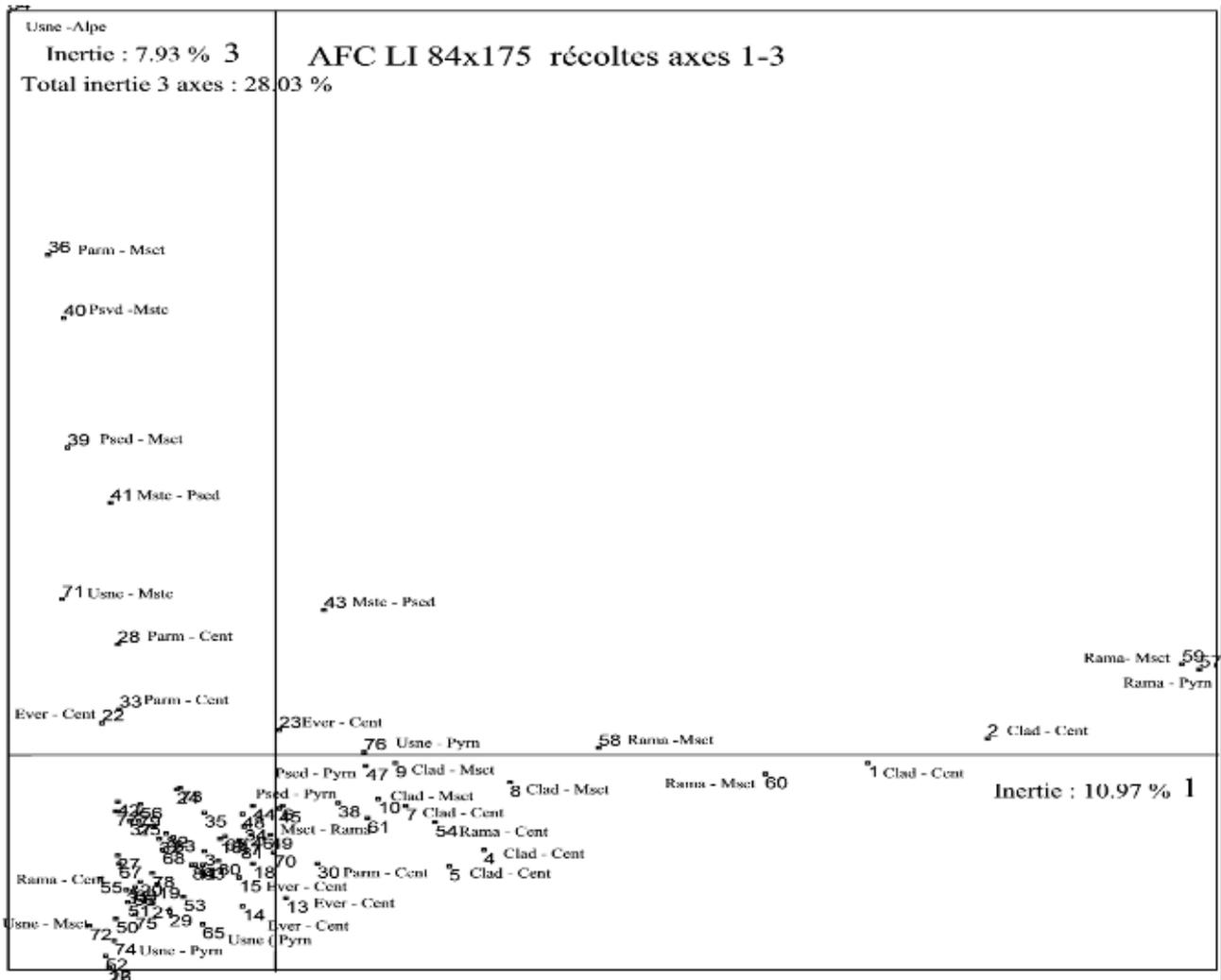


Fig. 6 – Graphe AFC (Analyse factorielle de correspondance) permettant de juger de la répartition et des relations entre les six genres de lichens, leurs colonisations diatomiques et leur situation géographique. L'ensemble forme un nuage dont le centre d'inertie se trouve à l'intersection des trois axes.

Légende : **Usne** : *Usnea* ; **Parm** : *Parmelia* ; **Clad** : *Cladonia* ; **Ever** : *Evernia* ; **Psed** : *Pseudevernia* ; **Ram** : *Ramalina*. **Cent** : Centre ; **Mstc** : Massif Central ; **Pymn** : Pyrénées (l'Est et les Alpes ne sont pas repérés).

amphioxys (96 % des occurrences), *Aulacoseira granulata* (94 %), *Achnantheidium minutissimum* (92 %), *Cyclostephanos dubius* (92 %), *Cocconeis placentula* (89 %), *Luticola mutica* (86,9 %). Elles représentent seulement 19,3 % de l'abondance. La **Fig. 9** illustre bien la répartition particulière de 13 espèces d'occurrence 76 à 81/84 sur les six genres de lichens. Elle met en relief la présence dominante d'*Hantzschia amphioxys* (21,1 %) sur *Cladonia*, ainsi que *Aulacoseira italica* (28,4 %) dans *Pseudevernia*. Également, *Diademsis contenta* (19,7 %) se retrouve largement dominante dans *Ramalina* et *Achnantheidium minutissimum* (12,6 %), dans les *Usnea*. Par ailleurs *Luticola mutica* (6,5 %), également chez *Cladonia*, est accompagné par *Pinnularia borealis* (7,35 %) mais avec une occurrence plus faible (56/84) et donc

une distribution un peu plus restreinte. Par contre, *Aulacoseira granulata* se retrouve partout en faible quantité, de même que *Cyclostephanos dubius* en quantité infime. Enfin la présence de 25 frustules de la diatomée fossile *Tertiarus pygmaea* dans 11 occurrences (12%), confirme bien le rôle de « coffre-fort » des lichens quelle que soit le genre de lichen (6 *Pseudevernia*, 3 *Usnea*, 2 *Cladonia*) et de la région (Alpes 1, Pyrénées 7, Massif central 2, Est 1).

Nous avons vu dans le précédent article (Bertrand *et al.*, 2016) que la proximité des rivières avait une influence positive sur la colonisation des lichens par les diatomées. Dans le cours des récoltes de cette nouvelle étude ce phénomène semble exceptionnel et plusieurs cas sont mêmes en contradiction. Pour bien montrer ces répartitions aléatoires, nous

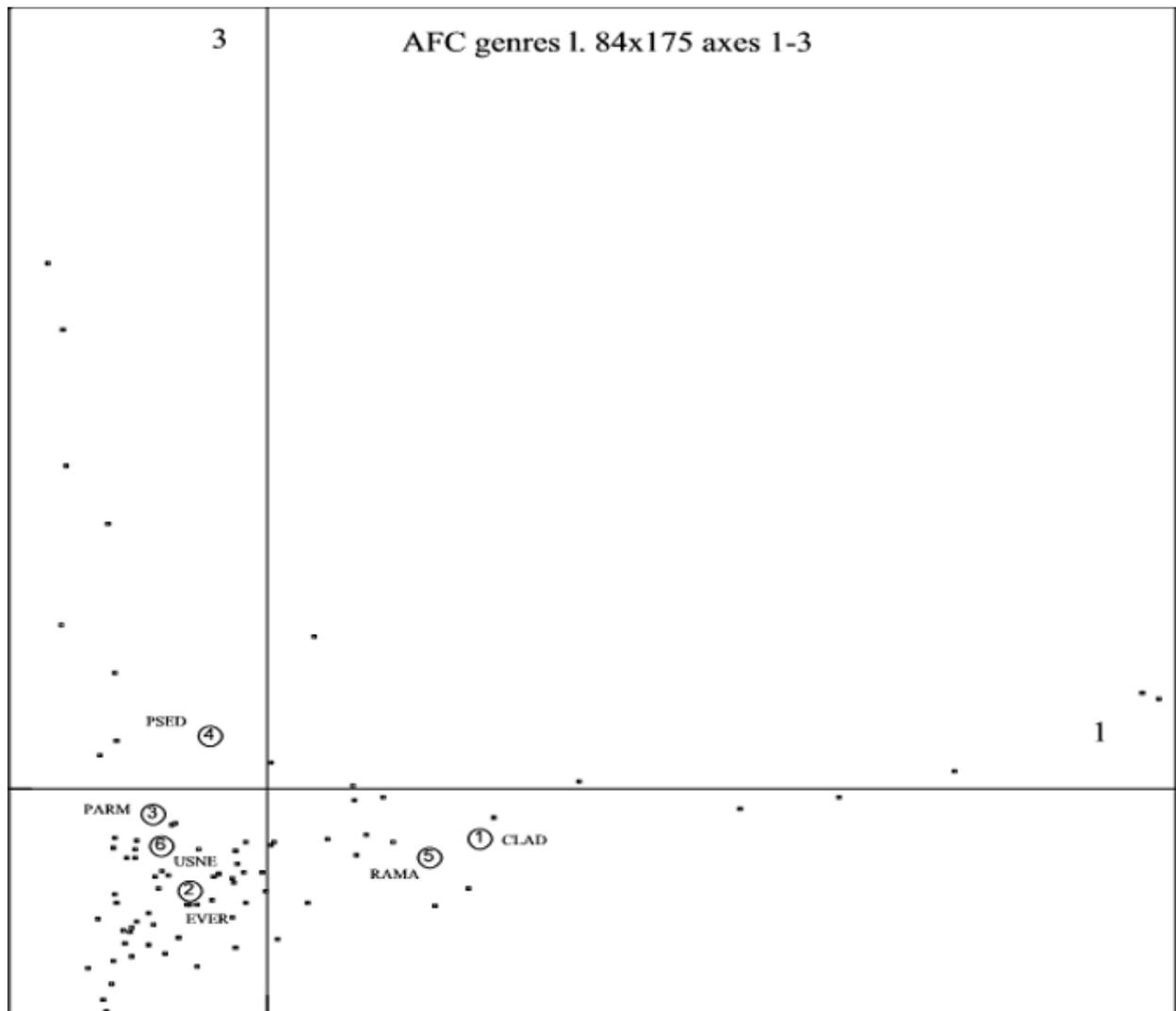


Fig. 7 – Graphe AFC, Situation des centres d’inertie des six genres de lichens par rapport au centre d’inertie communs. *Cladonia* et *Ramalina* sont excentrés à droite mais communs pour leurs peuplements diatomiques. *Pseudevernia* est excentré en haut montrant des colonies indépendantes par rapport aux autres lichens.

n’évoquerons que cinq lieux particuliers : les lichens près du lac des Hermines au Puy de Sancy (a), ceux de l’étang des Ruets à Marigny-les-Usages (b), la rivière Le Bourillon à Marcilly en Vilette (c), la rivière le Rouaire à Theillay (d) et les tourbières de La Ferté Vidame (e).

a) - Lac des Hermines (station de ski du Puy de Sancy) : une première récolte nous avait intrigué par la présence de diatomées strictement aquatiques en quantité dominante, ce qui nous a conduit à réitérer des récoltes l’année suivante. Les lichens sur des épicéas (*Picea alba*) assez denses, à la lisière du Lac des Hermines (alt. 1400 m) se situant à 100 mètres environ du bord du lac, nous ont permis de récolter 73 espèces de diatomées, alors que le plancton du lac en contenait seulement 14 espèces. Contre toute

attente la corrélation était de $0.246 \text{ p} < 0.001$ soit une similarité parfaite. Les quatre espèces les plus communes représentaient 91 % de l’abondance des diatomées du lac, elles étaient contenues dans les 15 espèces dominantes des lichens et représentaient 87 % de l’abondance des diatomées des lichens qui sont exclusivement des *Pseudevernia*.

b) - Etang de Ruets (Marigny les Usages, alt. 140 m). Petit étang sur la lisière de la forêt d’Orléans entouré de saules sur une largeur de 20 à 30 m environ. Les lichens foliacés du genre *Parmelia* sont fixés en enserrant étroitement les branches des saules (*Salix aurita*) abondamment denses autour de l’étang. Ceux-ci sont les pieds dans l’eau une grande partie de l’année. Alors que le plancton de l’étang nous livre 42 espèces, les lichens en retiennent 70. La corrélation ($0.134 \text{ p} < 0.1$) est nulle et ne montre que deux

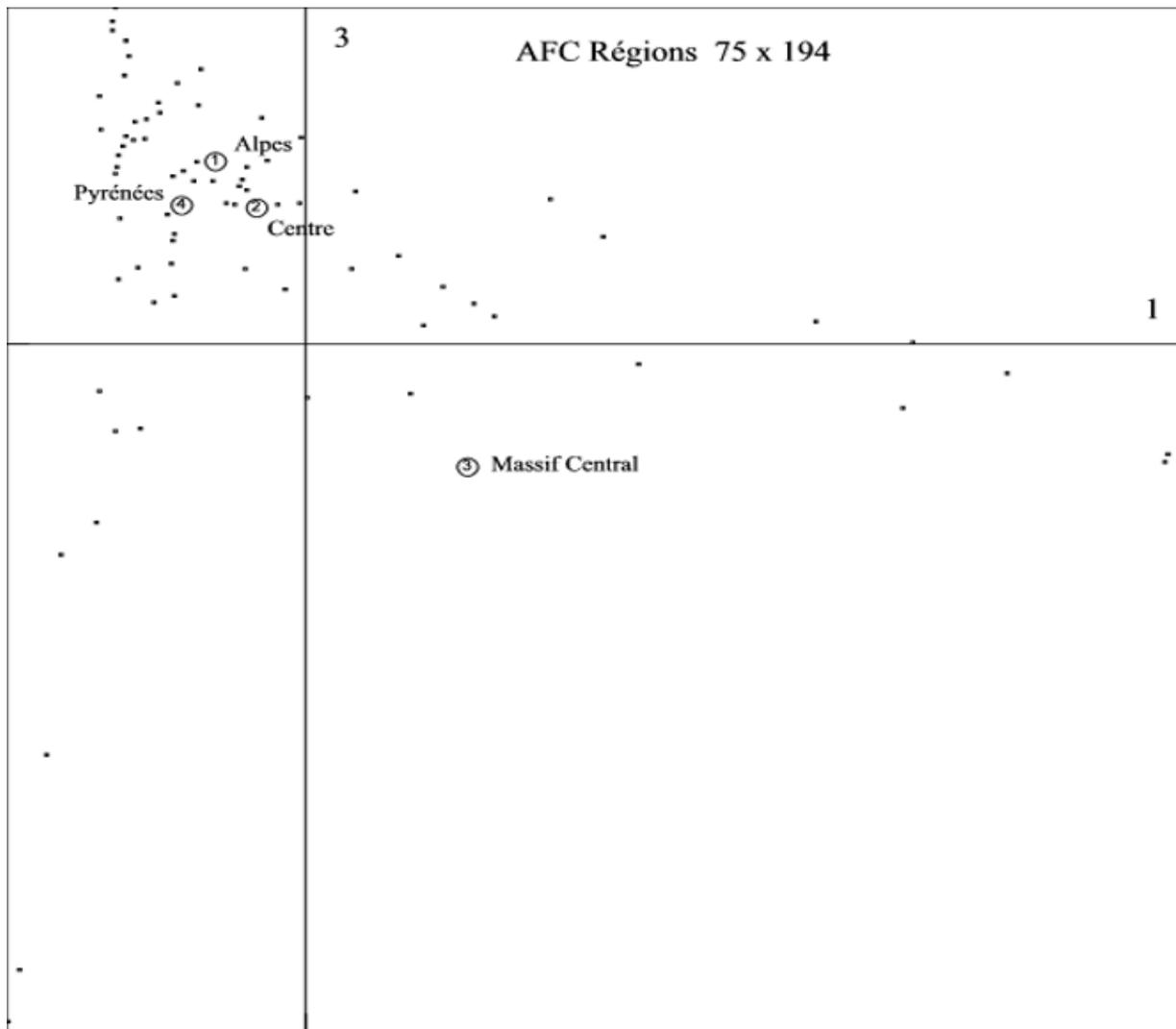


Fig. 8 – Graphe AFC ; situation des colonisations diatomiques de quatre régions de récoltes par rapport au centre d’inertie commun. Trois régions ont des colonisations communes mais le Massif Central, fortement excentré à droite à l’opposé des trois autres, montre son exception diatomique.

espèces communes sur les 15 les plus abondantes (87 % de l’abondance) : *Cocconeis placentula* (39 % pour l’étang et 8 % pour les lichens) ; *Achnantheidium minutissimum* 4.8 % et 3.8 % respectivement.

c) - Rivière le Bourillon (Marcilly en Vilette alt. 125 m). Récolte de *Ramalina* à 1.5 m de hauteur sur un tronc de saule (*Salix alba*) isolé et situé à 10 m de la rivière rapide encaissée dans un petit parc très aéré. Cette rivière est suivie depuis 7 ans par la DREAL d’Orléans, nous avons donc cumulé les résultats des récoltes sur cette période et l’avons comparée à notre seule récolte sur le saule. 207 espèces sont issues de la rivière contre 185 en une seule récolte de 1.3 gramme de lichens. Là encore, la corrélation ($0.042 < p < 0.1$) est nulle. Sur les 15 espèces dominantes représentant 71 % de l’abondance, seules 2 espèces sont présentes :

Achnantheidium minutissimum (14.5 % dans la rivière et (3.4 % dans les lichens) ; *Gomphonema parvulum* (5.8 % et 3.3 %). La récolte des diatomées sur les lichens montre une richesse particulière car la courbe de saturation est parabolique montrant par là qu’il n’y aurait pas de limite maximum à l’augmentation des espèces de diatomées malgré un comptage jusqu’à 9 600 frustules (**Fig. 10**).

d) - Rivière Le Rouaire (Theillay, alt. 145 m). Récoltes sur divers troncs d’arbres dispersés à 10 m de la rive et à 1 m de hauteur dans le bois touffus attenant. Récolte d’*Evernia* et *Parmelia*. De même que pour la rivière Le Bourillon nous disposons de sept ans de récoltes par la DREAL que nous pouvons comparer à trois récoltes de lichens. Là encore, la disparité entre rivière et lichens est frappante : 147 espèces sur les

lichens contre 112 espèces dans l'eau. Également, la corrélation de $0.126 p < 0.1$ est nulle et seulement deux espèces de diatomées sont présentes dans les 15 principales (78 % de l'abondance pour la rivière et 54 % pour les lichens) : nous dénombrons *Cocconeis placentula* (13.6 % pour la rivière et 2.2 % pour les lichens) ; *Achnanthydium minutissimum* (8 % et 10 % respectivement).

e) - Tourbières de La Ferté Vidame (245 m). Divers troncs de chênes (*Quercus robur*) et de bouleaux

(*Betula pubescens*), largement dispersés dans une grande forêt éclaircie, toujours les pieds dans l'eau, et dans les sphaignes qui tapissent presque exclusivement le sol. Récolte d'*Usnea* à 1 m de hauteur au-dessus de l'eau, une seule récolte de sphaignes. Là également la disparité est flagrante entre les lichens (78 espèces de diatomées) et sur les sphaignes (25 espèces) ; corrélation nulle ($0.162 p < 0.1$), deux espèces communes aux deux supports pour les 15 plus abondantes diatomées : *Eunotia bilunaris* et *Achnanthydium minutissimum*.

Comparaison des abondances 13 taxons de diatomées les plus communs dans les 6 genres de lichens

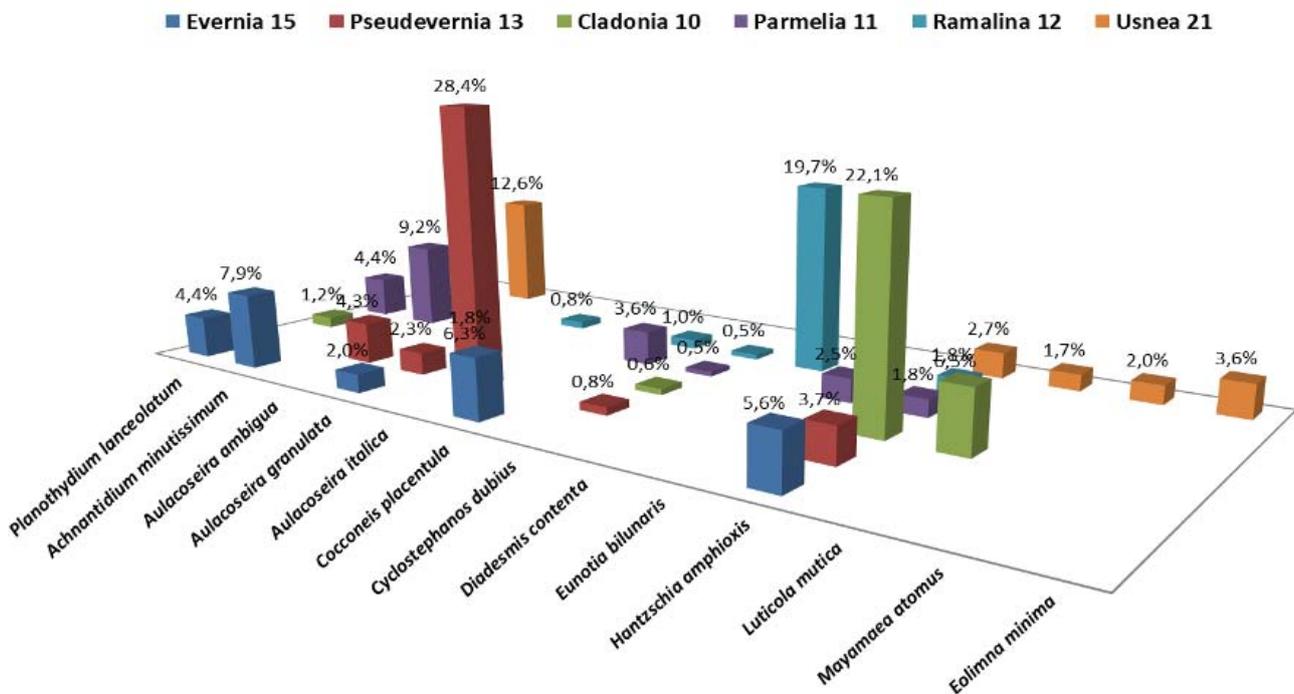


Fig. 9 – Répartition de l'abondance relative de 13 espèces de diatomées dont les occurrences sont les plus élevées dans les six genres de lichens. *Cladonia*, *Pseudevernia* et *Ramalina* montrent leurs colonisations exceptionnelles.

4. Discussion et conclusion

L'extrême dispersion des diatomées sur les différents genres de lichens montrée par les AFC, l'indépendance des colonisations en fonction des six genres de lichens (corrélation nulle) et l'indépendance des colonisations en fonction des régions ou de l'altitude, confirment bien une dispersion aléatoire.

Confirmation également que les lichens foliacés (*Parmelia*) capturent autant de diatomées que les lichens fruticuleux. Ainsi une récolte dans l'étang des Ruets à Marigny les Usages comportait 28 sorédiées comprenant des diatomées. Toutefois nous avons bien conscience que notre plan de récolte est incomplet du fait qu'un des genres le plus important, *Parmelia*, n'a été prospecté qu'à titre d'essai et de comparaison. En

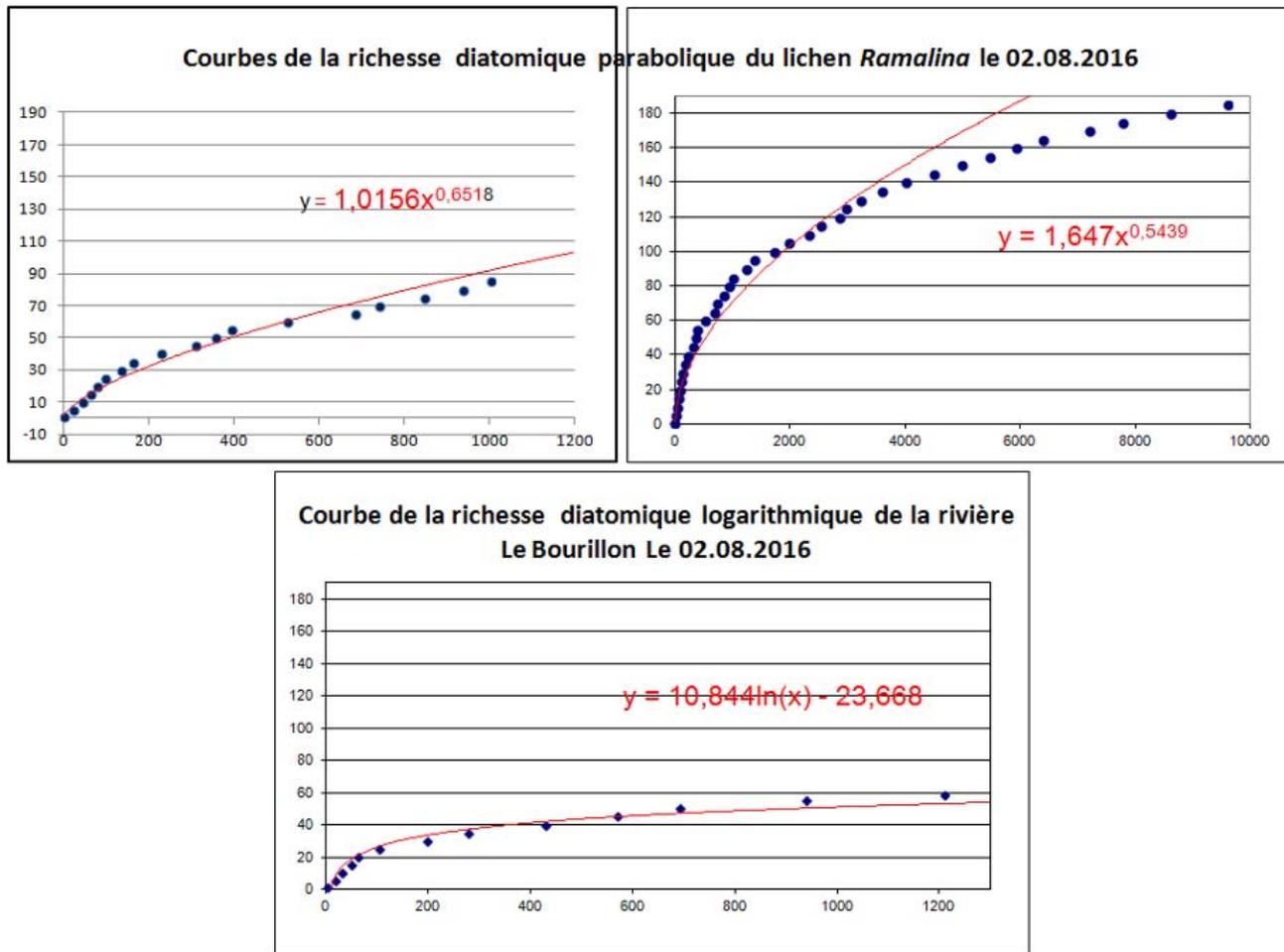


Fig. 10 – Trois courbes de richesse diatomique permettant la comparaison entre les peuplements des lichens par rapport à la rivière adjacente ; **Haut**. Deux courbes : a) comptage jusqu'à 1000 ; b) comptage jusqu'à 10 000 diatomées ; **Bas**. Pour comparaison, courbe représentant la richesse diatomique de la rivière Le Bourillon, montrant les différences de colonisation des milieux différents.

particulier, les lichens foliacés des régions du bord de mer, riches de ce genre n'ont pas été prospectés. Nous avons donc une méconnaissance certaine et perdu beaucoup d'informations sur le transfert des diatomées marines vers les lichens terrestres, que ce soit par le vent ou les embruns.

Les courbes d'abondance des diatomées qui sont toutes fortement asymptotiques (1 ou 2 espèces dominantes) et le nombre d'espèces récoltées sur les lichens 1,7 fois plus grande que dans les rivières (62 au lieu de 37 pour le bassin Loire-Bretagne), montrent l'extrême richesse des espèces en faible abondance fixées sur les lichens. Cette richesse est d'ailleurs confirmée par les courbes paraboliques de saturation de la richesse et les indices de Shannon plus élevés que dans d'autres biotopes pour la plupart des récoltes. Toutefois, dans le cadre des calculs des indices de Shannon, nous comparons des milieux lotiques

rapides (les rivières) et des milieux lenticques tels que les mares ou les tourbières, ce qui peut conduire à des biais. Car dans les grandes rivières, il existe des « bras morts » qui recueillent de nombreuses espèces non répertoriées dans les récoltes faisant l'objet d'un suivi de la qualité des eaux. Ce qui conduit à sous-estimer la richesse réelle de ces rivières. Ce que nous avons essayé de réduire en prenant les sept années consécutives de récoltes pour les deux rivières.

Il reste cependant que le calcul sur 400 frustules du système IPS par rapport aux 1 070 frustules de nos récoltes peut générer un écart positif en faveur des lichens, puisque l'indice Shannon croit naturellement lorsque les effectifs augmentent. Nous avons donc bloqué nos effectifs pour le calcul à 400 unités, avant de continuer la prospection jusqu'à environ 1 200 frustules. Ce qui nous assure une concordance acceptable, à nos sens, avec les différents milieux.

Nous observons également que nous pouvons prolonger continuellement la recherche d'espèces nouvelles dans certaines récoltes, sans arriver à une limite. *A contrario*, dans les rivières ou autres endroits de reproduction plus ou moins active, nous obtenons rapidement une courbe de richesse de forme logarithmique. En rappel, ceci a d'ailleurs permis d'adopter un comptage de seulement 400 frustules pour obtenir un échantillon représentatif dans le cadre de la recherche de la qualité des eaux des rivières dans le système IBD (Prygiel & Coste, 2000). Toutefois les quelques exceptions que nous avons décrites méritent une explication car elles montrent que nous ne pouvons pas généraliser.

En effet le genre *Cladonia* contient des espèces de lichens généralement terrestres. Ils ont donc la possibilité d'être colonisés par des diatomées aérophiles et terraphiles, ce que nous observons dans ces cas, puisque les trois espèces dominantes citées (*Luticola mutica*, *Pinnularia borealis*, *Hantzschia amphioxys*) sont bien aérophiles (Van Dam *et al.*, 1994).

D'autre part, le genre *Usnea*, caractérisé par de longs filaments pendants, cumule les diatomées sur les extrémités des filaments, entraînés semble-t-il par les pluies. Ce qui explique la présence des *Cocconeis placentula* en abondance sur certains filaments, alors que nous trouvons d'autres espèces sur des filaments adjacents.

Par contre le cas d'*Aulacoseira italica*, espèce rigoureusement aquatique, est différent puisqu'il est majoritairement présent dans les *Pseudevernia*. Or ces lichens colonisent de préférence les épicéas sur lesquels nous avons prélevé les récoltes : Collet d'Alleverd (1 400 m) et Puy de Sancy (1 400 m). Dans ce lieu, les arbres sont à 100 m du bord du Lac des Hermines et celui-ci sert de réservoir pour l'approvisionnement en eau des 320 canons à neige qui servent pour les pistes de ski en hiver. Il n'est pas douteux que le brouillard de neige issu de ces canons, pulvérise les pins entraînant de ce fait les diatomées qui sont contenues dans l'eau (**Fig. 10**).

Le cas du petit étang des Ruets révèle un phénomène opposé : l'absence totale de corrélation entre les lichens sur les arbustes les pieds dans l'eau et l'eau calme de l'étang. Là, il semble que se soit essentiellement l'action éolienne sans prélèvement dans l'étang, puisque trop petit, qui soit la cause de la colonisation des lichens par les diatomées.

Nous obtenons les mêmes résultats dans les tourbières de La Ferté-Vidame : indépendance totale des colonisations entre les *Usnea* et les sphaignes où les diatomées sont rares alors que les lichens

sont abondamment colonisés. En fait seul le cas des *Diademesmis* (aérophile) pose vraiment problème car leur présence à près de 20 % dans *Ramalina* s'explique difficilement, puisque nous trouvons cette diatomée (*Diademesmis contenta*) dont l'abondance relative est de 63,9 % dans une seule récolte près de Castres. Également nous avons trouvé *Diademesmis gallica* en 2016 à raison de 26 % dans *Evernia* sur les bords de la Loire. Cependant, les deux rivières vues plus haut montrent d'une manière flagrante cette indépendance entre les eaux et les lichens et atteint son maximum avec Le Bourillon où nous trouvons 185 espèces de diatomées dans une seule récolte de lichen malgré une recherche de l'antériorité des peuplements de la rivière sur sept ans.

Nous pensons que nous avons là, la démonstration certaine de l'action éolienne prépondérante pour le transport et la déposition des diatomées erratiques sur les lichens.

En conclusion, contrairement à l'étude préliminaire, l'action est bien éolienne dans la majorité des cas. Il semble que le vent ne puisse prélever des diatomées dans les rivières encaissées, dans les forêts denses ou humides voire les tourbières. Mais si les supports de lichens se trouvent le long d'un grand fleuve tel la Loire, ou près d'un lac, il peut y avoir transfert du plancton sur les lichens (Bertrand *et al.*, 2016) en cas de vents violents.

Les lichens sont de frêles mais efficaces réservoirs (ou coffres forts) de diatomées puisque l'on a trouvé environ 1 % d'espèces réputées fossiles. Les diatomées participent donc bien à la pollution atmosphérique, mais dans quelle proportion ? Ce sont sans conteste, les plus petites espèces que nous ayons rencontrées. Si l'on se réfère aux normes de l'Agence européenne pour l'environnement, qui donne pour les particules fines celles ayant un diamètre inférieur à 10 μ , 55 % des espèces les plus fréquentes recueillies (91 % de l'occurrence : *Achnantheidium*, *Aulacoseira*, *Cyclostephanos*, *Eolimna minima*, *Mayamaea atomus*, *Fragilaria pinnata*) sont dans cette limite.

Il reste toutefois quelques interrogations : pourquoi trouvons-nous des diatomées aérophiles en dominance flagrante dans certaines circonstances (*Diademesmis contenta*, *Luticola mutica*, *Pinnularia borealis*) ? S'il y a transport aérien, les diatomées sont mortes par dessiccation. Sauf si le parcours est bref et les conditions exceptionnelles, en particulier une atmosphère fortement humide et des lichens gorgés d'eau pour permettre une réplique de ces diatomées aérophiles en quantité appréciable pendant un temps plus ou moins long. Nous avons perçu ce phénomène

lors de notre approche précédente. Cependant, seul l'examen à l'état vivant des lichens par une ou des méthodes à imaginer encore, nous permettra de définir sans ambiguïté où se nichent ces diatomées : dans les sorédies ou sur les cuticules ou à l'intérieur du lichen ?

Remerciements : Nous remercions particulièrement la DREAL Centre pour l'accès à leur base de données concernant les rivières Le Bourillon et Le Rouaire. Remerciements à RNSA pour la collaboration et le don de lames exposées ; Messieurs L. Chapuy pour ses récoltes dans la région de Bourgogne et ses conseils pour l'utilisation des enzymes ainsi que J. Fleury pour la région Centre Orléanaise. Nous remercions également les correcteurs pour leurs suggestions pertinentes et corrections et Peter Culleton pour sa traduction du résumé en anglais.

Références

- Bertrand J., Renon J.P. & Monier O. (1999) - Les diatomées des sources du rebord karstique de la Beauce de la région Orléanaise. *Symbioses* nv. série, 1 : 3-14.
- Bertrand J. (2003) - Étude de la dynamique des populations de diatomées (bacillariophycées) sur le déversoir du canal d'Orléans à Combleux (Loiret, France) en relation avec la pluviométrie de la forêt d'Orléans. *Symbioses* nv. série, n° 8 : 29-38.
- Bertrand, J., & P. Boudier (2009) - L'utilisation des herbiers de Bryophytes pour tester l'évolution des peuplements diatomiques des tourbières des forêts du Perche d'Eure-et-Loir. *Symbioses* nv. série 24 : 50-58.
- Bertrand J., Berger A., Gavand S., Lequivard L., Millouet J.C., Pineau X., Renon J.P. & Thomas A. (2010) - VALMARES : Programme scientifique : Étude écologique de 130 mares de l'Orléanais (Région Centre), Création d'indices de qualité des eaux. *Loiret Nature Environnement*. 111 p. + annexe 23 p.
- Bertrand J., Ector L. & Renon J.P. (2013) - Diatomées des mares. I. L'échantillonnage des diatomées : un problème de choix des supports. *Symbioses*, nv. série, n° 31 : 31 - 38.
- Bertrand J., Ector L. & Renon J.P. (2014) - Diatomées des mares : Études préliminaires de l'écologie des mares permanentes et éphémères de la région Centre (France). *J. Soc. Bot. France*, 66, 55-74.
- Bertrand J., Ector L. & Renon J.P. (2015) - Écologie des mares - mesure de la qualité des eaux par les diatomées : deux nouveaux indices spécifiques, comparaison avec l'indice IPS, *Symbioses*, nv. série, n° 33 : 50-72.
- Bertrand J., Serieyssol K. & Ector L. (2015) - The influence of land use and the nature of the substrate on the diatom association from ponds found in two adjacent regions of France. *Cryptogamie, Algologie*, 36 (3) : 1-18.
- Bertrand J., Coste C., Le Cohu R., Renon, J. P., & Ector L. (2016) - Étude préliminaire sur la présence de diatomées sur les lichens. *Botany Letters* 163(2) : 93-115.
- Blamey M. & Grey-Wilson C. (1991) - La flore d'Europe occidentale. Arthaud, Paris. 544 p.
- Canard A. & Poinso D. (2004) - La répartition spatiale des individus et des peuplements par la méthode des quadrats. Rapport, Université de Rennes. 28 p.
- Chadefaud M. (1960) - Les végétaux non vasculaires (Cryptogamie). In *Traité de botanique systématique*, edited by Chadefaud M. & L. Emberger. Tome 1 : 524-529, 543-545, 639-640.
- Doledec S. & Chessel D. (1994) - Co-inertia analysis : an alternative method for studying species-environment relationships. *Freshwater Biology*, 31 : 277-294. doi:10.1111/j.1365-2427.1994.tb01741.x
- Germain H. (1981) - Flore des diatomées Diatomophycées eaux douces et saumâtres du Massif Armoricaire et des contrées voisines d'Europe occidentale. Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris. 444 p.
- Krammer K. (1992) - Pinnularia eine Monographie der europäischen Taxa. *Bibliotheca Diatomologica* 26 : 1-353.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1986) - Bacillariophyceae 1 Teil: Naviculaceae. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/1, edited by Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig, and D. Mollenhauer. 876 p.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1988) - Bacillariophyceae 2 Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/2, edited by Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig, and D. Mollenhauer. 596 p.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1991a) - Bacillariophyceae 3 Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/3, edited by Ettl, H., J. Gerloff, H. Heynig, and D. Mollenhauer. 576 p.

- Krammer K. & Lange-Bertalot H. (1991b) - Bacillariophyceae 4 Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gesamtliteraturverzeichnis Teil 1–4. In Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/4, edited by Ettl, H., G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig, and D. Mollenhauer. 437 p.
- Kranner I., Beckett R. & Varma A. (2002) - Protocols in Lichenology: Culturing, Biochemistry, Ecophysiology and Use in Biomonitoring. Heidelberg, Berlin: Springer Verlag. 580 p.
- Lange-Bertalot H. (1993) - 85 neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa, Vol. 2/1-4. *Bibliotheca Diatomologica*, 27: 1-454.
- Lowe R. L., Kociolek P., Johansen J. R., Vijver B. Van de, Lange-Bertalot H. & Kopalová K. (2014) - Humidophila gen. nov., a new genus for a group of diatoms (Bacillariophyta) formerly within the genus Diadisma: species from Hawai'i, including one new species. *Diatom Research*, 29 (4): 351-360. doi:10.1080/0269249X.2014.889039.
- Morin S., Coste M. & Delmas F. (2008) - A comparison of specific growth rates of periphytic diatoms of varying cell size under laboratory and field conditions. *Hydrobiologia*, 614: 285-297. doi:10.1007/s10750-008-9513-y.
- Prygiel J. & Coste M. (2000) - Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées NF T 90-354. Cemagref, Agence de l'Eau : 134 p. + 89 pl. + cd rom TAX'IBD français/anglais.
- Shannon C.E. & Weaver W. (1949) - The mathematical theory of communication. Urbana and Chicago: University of Illinois Press. 117 p.
- Sherwood A. R., Conklin K. Y. & Z. J. Liddy (2014) - What's in the air ? Preliminary analyses of Hawaiian airborne algae and land plant spores reveal a diverse and abundant flora. *Phycologia*, 53 (6) : 579–582. doi:10.2216/14-059.1.
- Smith C.W., Aptroot A., Coppins B. J., Fletchert A., Gilbert O. L., James P. W. et Wolseley P. A. (2009) - The lichens of Great Britain and Ireland. *British lichen society*, London : 1-1046.
- Thioulouse J., Chessel D., Doledec S. & Olivier J.-M. (1997) - ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistic and Computing*, 7 (1) : 75–83. doi:10.1023/A:1018513530268.
- Van Dam H., Mertens A. & Sinkeldam J. (1994) - A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28 (1) : 117–133. doi:10.1007/BF02334251

Accepté le 15 octobre 2020

Publié en ligne (pdf) le 2 novembre 2020

Annexe. Tableau d'inventaire restreint des diatomées colonisatrices de six genres de lichens. Liste des espèces de diatomées et pourcentage (%) de l'abondance des diatomées par genres de lichens. Cette liste ne comprend pas les abondances totales inférieures à dix diatomées.

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		5	<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson) Grunow	0,47	0,03	0,05	
1	<i>Achnanthes expressa</i> Carter						0,01
1	<i>Achnanthes subexigua</i> Hustedt			0,02			
1	<i>Achnantheidium alteragracillima</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova					0,01	
5	<i>Achnantheidium catenatum</i> (Bily & Marvan) Lange-Bertalot	0,13	0,13		0,02	0,03	0,08
5	<i>Achnantheidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	0,02		0,04	0,02	0,01	0,90
6	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	7,95	8,89	1,34	9,24	3,14	12,74
1	<i>Achnantheidium petersenii</i> (Hustedt) C.E.Wetzel, Ector, D.M. Williams & Jüttner						0,04

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		2	<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi+C5	0,06			
1	<i>Actinocyclus normanii</i> (Gregory) Hustedt	0,02					
1	<i>Adlafia aqueductae</i> (Krasske) Lange-Bertalot						0,04
5	<i>Adlafia bryophila</i> (J.B.Petersen) Lange-Bertalot	0,06	0,03		0,02	0,03	0,18
1	<i>Adlafia minuscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot					0,03	
1	<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing	0,05					
2	<i>Amphora acutiuscula</i> Kützing	0,02					0,01
1	<i>Amphora commutata</i> Grunow	0,02					
6	<i>Amphora inariensis</i> Krammer	0,52	0,06	0,02	0,07	0,13	0,41
3	<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg	0,02		0,02			0,01
1	<i>Amphora oligotrphenta</i> Lange-Bertalot						0,41
6	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	0,32	0,46	0,10	0,13	0,10	0,22
6	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	0,31	0,26	0,06	0,05	0,32	1,34
2	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> (Ehrenberg) Pfitzer				0,02		0,49
3	<i>Asterionella formosa</i> Hassall		2,59		0,20	0,01	
6	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	1,64	4,34	1,65	0,97	1,42	1,26
1	<i>Aulacoseira crassipunctata</i> Krammer		0,12				
1	<i>Aulacoseira crenulata</i> (Ehrenberg) Thwaites	0,61					
6	<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	0,61	0,68	0,39	1,86	5,81	1,98
6	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	1,96	2,33	1,83	1,37	0,81	1,86
3	<i>Aulacoseira islandica</i> (O. Müller) Simonsen	0,06	0,24		0,06		
6	<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen	0,15	28,38	0,35	19,19	2,78	0,76
3	<i>Aulacoseira pfaffiana</i> (Reinsch) Krammer		0,01		0,04		0,01
2	<i>Aulacoseira subarctica</i> (O. Müller) Haworth					0,03	0,01
1	<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T. Marson					0,03	
5	<i>Brachysira brebissonii</i> Ross	0,75		0,30	0,67	0,48	0,76
5	<i>Brachysira vitrea</i> (Grunow) Ross	0,02		0,22	0,02	0,16	0,94
2	<i>Caloneis alpestris</i> (Grunow) Cleve					0,03	0,02
6	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve	0,35	0,06	0,03	0,21	0,16	0,34
1	<i>Caloneis branderii</i> (Hustedt) Krammer					0,01	
1	<i>Caloneis lepidula</i> (Grunow) Cleve					0,03	
1	<i>Caloneis molaris</i> (Grunow) Krammer	0,02					
6	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	0,04	0,05	0,07	0,04	0,03	0,05
3	<i>Caloneis tenuis</i> (Gregory) Kramer			0,10	0,02		0,06
5	<i>Cavinula variostrata</i> (Krasske) Mann & Stickle in Round Crawford & Mann	0,09	0,01	0,05		0,02	0,04
1	<i>Chamaepinnularia krookii</i> (Grunow) Lange-Bertalot & Krammer						0,01
2	<i>Chamaepinnularia mediocris</i> (Krasske) Lange-Bertalot & Krammer	0,06			0,06		
2	<i>Chamaepinnularia soehrensii</i> (Krasske) Lange-Bertalot & Krammer	0,02					0,05
4	<i>Cocconeis disculus</i> (Schumann) Cleve	0,60			0,27	0,02	0,08
5	<i>Cocconeis neodiminuata</i> Krammer	0,03	0,06	0,02		0,03	0,01
1	<i>Cocconeis neothumensis</i> Krammer	0,03					
5	<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	0,13	0,03		0,20	0,08	0,25
6	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	6,29	1,76	0,71	3,59	1,06	2,48
3	<i>Cocconeis pseudothumensis</i> Reichardt	0,13	0,14				0,10
4	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	0,07	0,16			0,06	0,08
3	<i>Craticula accomoda</i> (Hustedt) Mann	0,02			0,03		0,39

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		1	<i>Craticula ambigua</i> (Ehrenberg) Mann				
3	<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) Mann		0,02	0,03		0,02	
1	<i>Craticula halophila</i> (Grunow) D.G.Mann					0,01	
4	<i>Craticula molestiformis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	0,11	0,01		0,15		0,26
3	<i>Craticula subminuscula</i> (Manguin) C.E.Wetzel & Ector			0,02		0,01	0,02
2	<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) D.M.Williams & Round				0,06	0,02	
6	<i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke) Round	0,54	0,84	0,63	0,49	0,54	1,04
2	<i>Cyclotella austriaca</i> (M. Peragallo) Hustedt				0,02		0,02
1	<i>Cyclotella distinguenda</i> Hustedt						0,01
1	<i>Cyclotella fottii</i> Hustedt			0,02			
1	<i>Cyclotella gamma</i> Sovereign						0,01
6	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	0,16	0,20	0,29	0,22	0,16	0,28
4	<i>Cyclotella radiosa</i> (Grunow) Lemmermann	0,02	0,03	0,03			0,01
2	<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow				0,02	0,01	
5	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	0,19		0,09	0,03	0,18	0,01
2	<i>Cymbella amphioxys</i> (Kützing) Cleve	0,04					0,04
4	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	0,02	0,05	0,06	0,04		
2	<i>Cymbella brehmii</i> Hustedt	0,02			0,02		
5	<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg) Kützing	0,25		0,10	0,22	0,09	0,16
2	<i>Cymbella helvetica</i> Kützing		0,02			0,06	
4	<i>Cymbella hustedtii</i> Krasske	0,02		0,03	0,02	0,03	
2	<i>Cymbella laevis</i> Naegeli	0,02				0,01	
4	<i>Cymbella lanceolata</i> (C.Agardh) C.Agardh	0,02	0,02		0,07	0,01	
1	<i>Cymbella pseudoaffinis</i> Tynni						0,01
3	<i>Cymbella tumidula</i> Grunow	0,06			0,06	0,01	
2	<i>Cymbella turgidula</i> Grunow					0,01	0,02
1	<i>Cymbopleura amphicephala</i> (Nägeli ex Kützing) Krammer					0,01	
4	<i>Cymbopleura incerta</i> (Grunow) Krammer	0,03		0,02	0,09		0,20
5	<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer	0,11		0,09	0,06	0,01	0,14
4	<i>Cymbopleura subaequalis</i> (Grunow) Krammer	0,06		0,10	0,04		0,02
1	<i>Delphineis karstenii</i> (Boden) G.Fryxell						0,07
1	<i>Denticula elegans</i> Kützing						0,04
3	<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow	0,06	0,01				0,02
6	<i>Denticula tenuis</i> Kützing	0,23	0,09	0,04	0,29	0,09	0,15
1	<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	0,02					
2	<i>Diatoma tenuis</i> Agardh		0,01			0,01	
6	<i>Diatoma vulgare</i> Bory	0,10	0,04	0,09	0,20	0,07	1,26
5	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	0,06	0,05		0,02	0,02	0,04
1	<i>Diploneis marginestriata</i> Hustedt						0,05
1	<i>Diploneis minuta</i> Petersen					0,01	
5	<i>Diploneis oblongella</i> (Naegeli) Cleve-Euler	0,02	0,03	0,02		0,01	0,07
1	<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	0,02					
1	<i>Diploneis pseudovalis</i> Hustedt		0,01				
1	<i>Discostella pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee				0,19		
4	<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grunow) Houk & Klee	0,07			0,03	0,03	0,13
2	<i>Distrionella germainii</i> (Lange-Bertalot & Reichardt) Morales, Bahls & Cody				0,09	0,02	
4	<i>Ellerbeckia arenaria</i> (Moore) Crawford	0,03			0,02	0,01	0,05

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		5	<i>Encyonema alpinum</i> (Grunow) D.G.Mann	0,05	0,02		0,29
4	<i>Encyonema cespitosum</i> Kützing	0,02	0,02		0,02		0,16
1	<i>Encyonema elginense</i> (Krammer) D.G.Mann					0,01	
1	<i>Encyonema lacustre</i> (C.Agardh) Pantocsek					0,01	
2	<i>Encyonema leibleinii</i> (C.Agardh) W.J.Silva, R.Jahn, T.A.V.Ludwig, & M.Menezes	0,02				0,01	
5	<i>Encyonema mesianum</i> (Cholnoky) D.G.Mann	0,02	0,02	0,03		0,02	0,21
6	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann	1,02	0,12	0,04	0,83	0,16	0,21
2	<i>Encyonema muelleri</i> (Hustedt) D.G.Mann in Round	0,02				0,01	
1	<i>Encyonema paucistriatum</i> (Cleve-Euler) D.G.Mann						0,01
2	<i>Encyonema perpusillum</i> (Cleve-Euler) D.G.Mann			0,02			0,01
2	<i>Encyonema reichardtii</i> (Krammer) D.G.Mann		0,02		0,02		
5	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G.Mann	0,37	0,09		0,42	0,06	0,13
3	<i>Encyonema triangulum</i> (Ehrenberg) Kützing	0,02				0,01	0,01
5	<i>Encyonopsis cesatii</i> (Rabenhorst) Krammer	0,57		0,39	0,21	0,15	1,64
3	<i>Encyonopsis falaisensis</i> (Grunow) Krammer	0,42			0,18		0,17
2	<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer					0,03	0,07
1	<i>Entomoneis ornata</i> (Bailey) Reimer					0,03	
1	<i>Eolimna aboensis</i> (Cleve) S.I.Genkal				0,02		
5	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	0,14	0,05	0,09	0,12		0,02
1	<i>Epithemia hyndmanii</i> W. Smith		0,01				
2	<i>Epithemia sorex</i> Kützing		0,01		0,09		
1	<i>Eucocconeis flexella</i> (Kützing) Meister						0,01
3	<i>Eucocconeis laevis</i> (Oestrup) Lange-Bertalot	0,02		0,02			0,04
5	<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg	0,10		5,62	0,11	0,08	0,13
6	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills	2,73	0,94	1,01	2,52	1,55	1,23
4	<i>Eunotia circumborealis</i> Lange-Bertalot & Nörpel	0,02	0,01			0,04	0,07
1	<i>Eunotia denticulata</i> (Brébisson) Rabenhorst			0,02			
1	<i>Eunotia diodon</i> Ehrenberg					0,01	
5	<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson) Rabenhorst	0,08	0,01	0,07		0,78	0,09
1	<i>Eunotia faba</i> Ehrenberg			0,02			
3	<i>Eunotia fallax</i> A. Cleve	0,08				0,19	0,08
3	<i>Eunotia flexuosa</i> (Brébisson) Kützing	0,06				0,29	0,01
2	<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg		0,01			0,02	
5	<i>Eunotia glacialis</i> Meister	0,11		0,08	0,12	0,03	0,17
6	<i>Eunotia implicata</i> Nörpel, Alles & Lange-Bertalot	0,32	0,01	0,23	0,50	2,41	0,32
5	<i>Eunotia incisa</i> Gregory	0,14		0,03	0,13	0,13	0,05
3	<i>Eunotia intermedia</i> (Krasske) Nörpel & Lange-Bertalot	0,05				0,12	0,17
1	<i>Eunotia meisteri</i> Hustedt					0,02	
6	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow	0,73	0,02	0,31	1,01	1,22	0,39
6	<i>Eunotia naegelii</i> Migula	0,41	0,09	0,11	0,35	1,00	0,03
1	<i>Eunotia paludosa</i> Grunow					0,01	
6	<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst	0,27	0,05	0,02	0,38	0,34	0,32
5	<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg		0,02	0,10	0,06	0,05	0,04
1	<i>Eunotia rhynchocephala</i> Hustedt					0,01	
1	<i>Eunotia silvahercynia</i> Nörpel, Van Sull & Lange-Bertalot					0,01	
2	<i>Eunotia soleirolii</i> (Kützing) Rabenhorst				0,13	0,25	
3	<i>Eunotia steineckeii</i> Petersen	0,02			0,06	0,01	
1	<i>Eunotia subarcuatoides</i> Alles, Nörpel & Lange-Bertalot		0,01				
2	<i>Eunotia sudetica</i> O. Müller	0,06					0,03

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		5	<i>Eunotia tenella</i> (Grunow) Hustedt	0,87		0,21	0,74
3	<i>Fallacia helensis</i> (Schulz) D.G.Mann		0,03	0,02	0,02		
1	<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) Stickle & D.G.Mann						0,01
5	<i>Fallacia vitrea</i> (Østrup) D.G.Mann	0,03	0,06		0,05	0,06	0,26
4	<i>Fistulifera saprophila</i> (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot	0,15			0,09	0,04	0,88
2	<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve		0,01				0,01
1	<i>Fragilaria bicapitata</i> Mayer					0,14	
3	<i>Fragilaria bidens</i> Heiberg		0,02	0,04	0,04		
6	<i>Fragilaria capucina</i> Demazieres	0,39	0,99	0,10	0,84	0,59	0,41
3	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton		0,50		0,36		0,02
1	<i>Fragilaria javanica</i> Hustedt					0,02	
3	<i>Fragilaria neoproducta</i> Lange-Bertalot		0,02			0,12	0,01
2	<i>Fragilaria tenera</i> (W. Smith) Lange-Bertalot	0,03			0,05		
4	<i>Fragilaria tenera</i> var. <i>nanana</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot & S.Ulrich	0,02		0,11		0,10	0,13
1	<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) Petersen						0,01
1	<i>Fragilariforma nitzschoides</i> (Grunow) Lange-Bertalot					0,03	
6	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D.M.Williams & Round	0,02	0,03	0,46	0,12	0,80	0,04
2	<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson ex W.Smith) Lange-Bertalot & Krammer				0,05	0,02	
1	<i>Frustulia erifuga</i> Lange-Bertalot & Krammer						0,43
1	<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni				0,04		
3	<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	0,08			0,02	0,02	
3	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	0,02			0,10	0,06	
1	<i>Geissleria schoenfeldii</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin	0,02					
4	<i>Genkalia digitulus</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Kulikovskiy	0,03	0,01		0,02	0,02	
1	<i>Gliwiczia calcar</i> (Cleve) Kulikovskiy, Lange-Bertalot & Witkowski						0,04
1	<i>Gomphoneis minuta</i> (Stone) Kocielek & Stoermer					0,01	
5	<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst	0,10		0,02	0,06	0,05	0,28
6	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	0,27	0,15	0,10	0,22	0,11	0,02
6	<i>Gomphonema affine</i> Kützing	0,56	0,10	0,09	0,76	0,30	0,23
6	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,47	0,27	0,13	0,17	0,03	0,13
5	<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	0,40		0,10	0,54	0,17	0,07
6	<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	0,06	0,09	0,02	0,07	0,01	0,18
2	<i>Gomphonema bohemicum</i> Reichelt & Frivke	0,02		0,04			
3	<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg		1,18		0,02	0,05	
6	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	0,47	0,10	0,05	0,53	0,45	0,32
1	<i>Gomphonema hebridens</i> Gregory	0,03					
5	<i>Gomphonema insigne</i> Gregory	0,74		0,27	1,01	0,20	0,01
1	<i>Gomphonema lagerheimii</i> A. Cleve	0,02					
6	<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh	0,34	0,02	0,23	0,68	0,15	0,25
6	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	2,37	2,76	0,89	2,38	1,68	1,51
2	<i>Gomphonema pseudoaugur</i> Lange-Bertalot		0,10		0,12		
2	<i>Gomphonema pseudotenellum</i> Lange-Bertalot	0,02					0,02
5	<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot	0,36	0,20	0,06	0,14	0,01	
2	<i>Gomphonema tergestinum</i> (Grunow) Fricke	0,02		0,02			

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		5	<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	0,03		0,03	0,02
1	<i>Gomphonemopsis exigua</i> (Kützing) Medlin		0,02				
1	<i>Gomphosphenia grovei</i> (M.Schmidt) Lange-Bertalot					0,01	
2	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst			0,05			0,03
4	<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,02	0,01			0,01	0,01
1	<i>Halamphora holsatica</i> (Hustedt) Levkov					0,01	
4	<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov	0,02	0,02			0,03	0,11
6	<i>Hantzschia abundans</i> Lange-Bertalot	1,22	0,07	0,03	0,26	0,63	0,15
6	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	5,58	3,71	22,09	1,84	1,84	2,71
1	<i>Hantzschia graciosa</i> Lange-Bertalot				0,03		
5	<i>Hantzschia subrupestris</i> Lange-Bertalot	0,17	0,05	0,28	0,02	0,04	
1	<i>Hippodonta subcostulata</i> (Hustedt) Lange -Bertalot, Metzeltin & Witkowski		0,02				
5	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange -Bertalot, Metzeltin & Witkowski	0,09	0,02		0,04	0,06	0,08
3	<i>Hippodonta costulata</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski	0,02			0,02		0,04
6	<i>Humidophila contenta</i> (Grunow) Lowe, Kociolek, J.R.Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová	1,55	0,44	1,35	0,67	19,68	0,50
6	<i>Humidophila gallica</i> (W.Smith) Lowe, Kociolek, Q.You, Q.Wang & Stepanek	4,95	0,31	0,29	2,94	0,17	1,16
4	<i>Humidophila perpusilla</i> (Grunow) Lowe, Kociolek, J.R.Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová			0,05	0,02	0,03	0,05
1	<i>Humidophila schmassmannii</i> (Hustedt) K.Buczko & A.Wojtal						0,01
1	<i>Iconella biseriata</i> (Brébisson) Ruck & Nakov					0,04	
3	<i>Iconella delicatissima</i> (F.W.Lewis) Ruck & Nakov	0,02				0,02	0,04
1	<i>Iconella linearis</i> (W.Smith) Ruck & Nakov						0,07
6	<i>Karayevia clevei</i> (Grunow) Bukhtiyarova	0,34	0,20	0,03	0,10	0,03	0,05
5	<i>Karayevia kolbei</i> (Hustedt) Bukhtiyarova	0,28	0,13	0,02	0,10		0,19
1	<i>Karayevia laterostrata</i> (Hustedt) Kingston						0,02
3	<i>Karayevia ploenensis</i> (Hustedt) Bukhtiyarova	0,02				0,07	0,08
1	<i>Karayevia suchlandtii</i> (Hustedt) Bukhtiyarova					0,03	
6	<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) Round & Basson	1,56	0,43	0,11	1,30	0,16	0,19
2	<i>Lindavia antiqua</i> (W.Smith) Nakov, Guillory, Julius, Theriot & Alverson		0,02		0,03		
5	<i>Lindavia bodanica</i> (Eulenstein ex Grunow) T.Nakov, Guillory, Julius, Theriot & Alverson		0,09	0,10	0,12	0,01	0,02
1	<i>Lindavia lacunarum</i> (Hustedt) Nakov, Guillory, Julius, Theriot & Alverson	0,02					
6	<i>Luticola cohnii</i> (Hilse) D.G. Mann-	1,47	0,12	0,49	0,07	0,38	0,29
6	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) D.G. Mann	2,53	0,13	0,03	0,10	0,21	0,04
6	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G. Mann	2,29	1,21	6,51	0,56	1,82	1,74
2	<i>Luticola muticoides</i> (Hustedt) D.G. Mann			0,05		0,13	
6	<i>Luticola muticopsis</i> (Van Heurck) D.G.Mann	0,26	0,13	0,06	0,26	0,10	0,01
4	<i>Luticola nivalis</i> (Ehrenberg) D.G. Mann	0,03		0,11		0,01	0,07
1	<i>Luticola paramutica</i> (W. Bock) D.G. Mann-		0,02				
2	<i>Luticola pseudonivalis</i> (W.Bock) Levkov, Metzeltin & A.Pavlov	0,02	0,01				
3	<i>Luticola saxophila</i> (Bock ex Hustedt) D.G. Mann		0,05	0,19		0,03	
1	<i>Luticola suecorum</i> (G.W.F. Carson) Van de Vijver			0,09			

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		2	<i>Luticola ventricosa</i> (Kützing) D.G. Mann-	0,25			
1	<i>Mastogloia elliptica</i> (Agardh) Cleve			0,02			
1	<i>Mayamaea agrestis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot						0,04
6	<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	0,92	2,79	0,05	0,81	0,45	2,01
1	<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) Agardh			0,02			
1	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müller) Agardh			0,02			
6	<i>Melosira varians</i> Agardh	0,42	0,03	0,06	0,36	0,23	1,31
6	<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	0,37	0,08	0,02	0,48	0,29	0,19
1	<i>Microcostatus krasskei</i> (Hustedt) J.R.Johansen & Sray					0,10	
1	<i>Navicula abiskoensis</i> Hustedt					0,02	
1	<i>Navicula angusta</i> Grunow						0,02
4	<i>Navicula bergerii</i> Krasske	0,02		0,02		0,03	0,06
1	<i>Navicula bremensis</i> Hustedt						0,01
6	<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain ex Gasse	0,85	0,05	0,02	0,52	0,19	0,59
3	<i>Navicula cari</i> Ehrenberg	0,03			0,02		0,02
6	<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs	0,15	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04
6	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	1,24	0,98	0,57	0,92	0,16	0,92
6	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	0,95	0,54	0,09	0,76	0,19	0,54
6	<i>Navicula cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot	0,30	0,02	0,11	0,03	0,01	0,28
5	<i>Navicula digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs	0,06		0,02	0,02	0,02	0,02
6	<i>Navicula gregaria</i> Donkin	5,07	0,03	0,10	4,01	0,12	2,24
1	<i>Navicula guttata</i> var. <i>peragalli</i> (Brun) Cleve			0,02			
1	<i>Navicula ingrata</i> Krasske	0,17					
2	<i>Navicula jakovljevicii</i> Hustedt	0,03			0,04		
6	<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	0,11	0,04	0,02	0,19	0,04	0,43
1	<i>Navicula laterostrata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot						0,02
2	<i>Navicula leptostriata</i> Jörgensen	0,02					0,04
3	<i>Navicula lesmonensis</i> Hustedt	0,02			0,02		0,01
1	<i>Navicula libonensis</i> Schoeman					0,02	
5	<i>Navicula menisculus</i> Schumann var. <i>menisculus</i>	0,09		0,02	0,06	0,08	0,13
1	<i>Navicula meniscus</i> Schumann					0,01	
1	<i>Navicula oppugnata</i> Hustedt					0,03	
1	<i>Navicula perminuta</i> Grunow			0,02			
4	<i>Navicula pseudosilicula</i> Hustedt	0,02	0,01		0,02		0,02
5	<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0,11	0,02		0,13	0,23	0,03
4	<i>Navicula radiosafallax</i> Lange-Bertalot	0,03	0,06	0,04			0,02
1	<i>Navicula rescens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	0,02					
6	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	0,04	0,12	0,04	0,11	0,15	0,11
1	<i>Navicula rostellata</i> Kützing						0,02
1	<i>Navicula salinicola</i> Hustedt						0,01
2	<i>Navicula slesvicensis</i> Grunow			0,03	0,03		
4	<i>Navicula striolata</i> (Grunow) Lange-Bertalot	0,02		0,02	0,02		0,26
1	<i>Navicula subadnata</i> Hustedt	0,02					
3	<i>Navicula tenelloides</i> Hustedt	0,03				0,02	0,02
5	<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	0,90	0,03		0,72	0,13	0,14
6	<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot	0,03	0,11	0,03	0,09	0,02	0,11
5	<i>Navicula veneta</i> Kützing	0,21	0,02		0,14	0,02	0,42
3	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg				0,04	0,01	0,14
2	<i>Navigeia decussis</i> (Østrup) Bukhtiyarova				0,02		0,01

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		1	<i>Navigeia modica</i> (Hustedt) Bukhtiyarova				
2	<i>Neidiopsis levanderi</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin		0,05				0,06
3	<i>Neidium alpinum</i> Hustedt	0,02		0,02			0,04
3	<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve	0,03				0,01	0,01
2	<i>Neidium hercynicum</i> A. Mayer					0,01	0,02
1	<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve	0,02					
4	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith		0,03	0,06		0,02	0,10
6	<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot	1,17	0,48	0,28	0,89	0,13	0,49
1	<i>Nitzschia agnita</i> Hustedt	0,02					
3	<i>Nitzschia alpina</i> Hustedt	0,02				0,01	0,02
1	<i>Nitzschia amabilis</i> H.Suzuki						0,01
6	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	0,53	0,61	0,24	0,28	0,16	0,28
1	<i>Nitzschia bacilliformis</i> Hustedt			0,03			
1	<i>Nitzschia bacillum</i> Hustedt						0,15
1	<i>Nitzschia bremensis</i> Hustedt					0,03	
1	<i>Nitzschia bryophila</i> (Hustedt) Hustedt						0,01
1	<i>Nitzschia communata</i> Grunow	0,02					
2	<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst	0,02				0,02	
1	<i>Nitzschia dippelii</i> Grunow						0,02
6	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	0,46	0,33	0,20	0,59	0,11	2,61
1	<i>Nitzschia diversa</i> Hustedt						0,01
1	<i>Nitzschia draveillensis</i> Coste & Ricard						0,01
1	<i>Nitzschia dubia</i> W. Smith			0,02			
1	<i>Nitzschia fasciculata</i> (Grunow) Grunow						0,01
3	<i>Nitzschia filiformis</i> (W. Smith) Van Heurck	0,07				0,01	0,01
1	<i>Nitzschia flexa</i> Schumann						0,11
6	<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	0,48	0,23	0,19	0,53	0,29	0,68
2	<i>Nitzschia fossilis</i> (Grunow) Grunow		0,03				0,13
1	<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow						0,04
1	<i>Nitzschia fruticosa</i> Hustedt	0,02					
2	<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch			0,10			0,04
5	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	0,12	0,06		0,04	0,16	0,40
1	<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch					0,02	
1	<i>Nitzschia kittlii</i> Grunow					0,01	
6	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W. Smith	0,18	0,02	0,02	0,22	0,13	1,24
2	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow				0,07	0,01	
1	<i>Nitzschia macilenta</i> Gregory					0,04	
6	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	0,19	0,30	0,03	0,19	0,10	0,52
4	<i>Nitzschia paleacea</i> Grunow	0,06		0,08	0,61	0,01	
2	<i>Nitzschia paleaeformis</i> Hustedt					0,03	0,58
6	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) Peragallo	0,93	1,40	0,41	0,47	0,19	1,38
1	<i>Nitzschia perpiscua</i> Cholnoky						1,17
1	<i>Nitzschia pumila</i> Hustedt					0,02	
5	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch	0,13	0,09		0,11	0,05	0,13
1	<i>Nitzschia rupestris</i> Proskina-Lavrenko			0,02			
2	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith	0,02				0,02	
3	<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith			0,02		0,01	0,06
1	<i>Nitzschia sociabilis</i> Hustedt						0,02
2	<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt		0,01		0,34		

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		2	<i>Nitzschia suchlandtii</i> Hustedt	0,40			
1	<i>Nitzschia terrestris</i> (Petersen) Hustedt			0,02			
1	<i>Nitzschia tropica</i> Hustedt	0,02					
2	<i>Nitzschia tubicola</i> Grunow			0,04			0,01
1	<i>Nitzschia umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot					0,09	
2	<i>Nitzschia valdecostata</i> Lange-Bertalot & Simonsen			0,15			0,35
1	<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch					0,01	
4	<i>Nupela lapidosa</i> (Krasske) Lange-Bertalot	0,02	0,02	0,04		0,01	
2	<i>Odontidium hyemale</i> (Roth) Kützing		0,03		0,02		
2	<i>Odontidium mesodon</i> (Kützing) Kützing	0,06					0,02
2	<i>Orthoseira dendroteres</i> (Ehrenberg) Genkal & Kulikovskiy				0,09		0,08
2	<i>Orthoseira roeseana</i> (Rabenhorst) Pfitzer			0,08		0,08	
6	<i>Pantocsekiella ocellata</i> (Pantocsek) K.T.Kiss & Ács	0,06	0,10	0,16	0,05	0,06	0,40
1	<i>Pantocsekiella rossii</i> (H.Håkansson) K.T.Kiss & E.Ács						0,02
1	<i>Paraplaconeis placentula</i> (Ehrenberg) Kulikovskiy & Lange-Bertalot	0,02					
1	<i>Paraplaconeis subplacentula</i> (Hustedt) Kulikovskiy & Lange-Bertalot	0,02					
1	<i>Peronia fibula</i> (Brébisson ex Kützing) R.Ross	0,02					
2	<i>Pinnularia acidophila</i> Hofmann & Krammer			0,02			0,04
6	<i>Pinnularia appendiculata</i> (Agardh) Cleve	0,78	0,08	0,40	0,28	0,23	0,08
1	<i>Pinnularia bertrandii</i> Krammer	0,03					
1	<i>Pinnularia biceps</i> Gregory var. <i>biceps</i>			0,02			
6	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	1,10	0,67	33,92	0,50	9,44	0,61
1	<i>Pinnularia brandelii</i> Cleve	0,02					
1	<i>Pinnularia brauniana</i> (Grunow) Mills					0,03	
3	<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kützing) Rabenhorst	0,06			0,05		0,01
1	<i>Pinnularia canadensis</i> Krammer					0,01	
1	<i>Pinnularia cardinaliculus</i> Cleve					0,01	
1	<i>Pinnularia cuneola</i> Reichardt					0,01	
3	<i>Pinnularia divergens</i> W.M.Smith var. <i>divergens</i>				0,02	0,04	0,07
1	<i>Pinnularia diversa</i> Öestrup	0,05					
3	<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg var. <i>gibba</i>	0,04			0,06	0,09	
1	<i>Pinnularia gibbiformis</i> Krammer?			0,02			
2	<i>Pinnularia incognita</i> Krasske	0,05				0,01	
1	<i>Pinnularia inconstans</i> Mayer						0,01
1	<i>Pinnularia intermedia</i> (Lagerstedt) Cleve				0,04		
1	<i>Pinnularia interrupta</i> W. Smith			0,02			
1	<i>Pinnularia jocolata</i> (Manguin) Krammer			0,06			
4	<i>Pinnularia legumen</i> Ehrenberg	0,06		0,02		0,01	0,07
4	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	0,05			0,12	0,26	0,05
4	<i>Pinnularia neomajor</i> Krammer	0,04		0,03	0,07		0,04
5	<i>Pinnularia nodosa</i> (Ehrenberg) W.Smith	0,11		0,02	0,21	0,03	0,01
1	<i>Pinnularia nodosiformis</i> Krammer				0,02		
5	<i>Pinnularia obscura</i> Krasske	0,14	0,03		0,02	0,48	0,11
2	<i>Pinnularia perirrorata</i> Krammer			0,02			0,29
5	<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch	0,11	0,01	0,06		0,01	0,08
2	<i>Pinnularia schoenfelderi</i> Krammer	0,02				0,02	
1	<i>Pinnularia silvatica</i> Petersen						0,01
1	<i>Pinnularia sinistra</i> Krammer				0,02		

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		1	<i>Pinnularia stricta</i> Hustedt				0,05
6	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	0,45	0,08	0,13	0,43	0,44	0,32
2	<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer			0,04		0,03	
1	<i>Pinnularia submicrostauron</i> Schroeter				0,09		
1	<i>Pinnularia subnodosa</i> Hustedt						0,01
1	<i>Pinnularia subrostrata</i> (A. Cleve) Cleve-Euler sensu Krammer				0,04		
1	<i>Pinnularia sudetica</i> (Hilse) Hilse			0,07			
2	<i>Pinnularia viridiformis</i> Krammer					0,05	0,02
6	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	0,08	0,02	0,06	0,15	0,03	0,12
1	<i>Placogeia kriegeri</i> (K.Krasske) Bukhtiyarova	0,02					
1	<i>Placoneis clementioides</i> (Hustedt) E.J.Cox	0,03					
4	<i>Placoneis clementis</i> (Hustedt) E.J.Cox			0,05	0,06	0,03	0,02
3	<i>Placoneis constans</i> (Hustedt) E.J.Cox		0,01	0,02			0,02
1	<i>Placoneis elginensis</i> (Gregory) Cox var. <i>exigua</i> (W. Gregory) P. Tsarenko		0,02				
6	<i>Placoneis elginensis</i> (W.Gregory) E.J.Cox	0,16	0,23	0,07	0,02	0,01	0,02
1	<i>Placoneis hambergii</i> (Hustedt) K.Bruder		0,01				
3	<i>Placoneis ignorata</i> (Schimanski) Lange-Bertalot	0,03		0,04	0,02		
1	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kütz.) Round & Bukhtiyarova						0,05
2	<i>Planothidium dubium</i> (Grunow) Round & Bukhtiyarova	0,03			0,04		
6	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	4,36	11,69	1,16	4,37	0,97	11,11
1	<i>Planothidium oestrupii</i> (Cleve-Euler) Round & Bukhtiyarova					0,01	
2	<i>Planothidium peragalloi</i> (Brun & Heribaud) Round & Bukhtiyarova				0,03	0,03	
1	<i>Planothidium rostratum</i> (Oestrup) Lange-Bertalot						0,08
1	<i>Platessa conspicua</i> (A.Mayer) Lange-Bertalot	0,06					
1	<i>Platessa lutheri</i> (Hustedt) Potapova	0,02					
1	<i>Prestauroneis protracta</i> (Grunow) Kulikovskiy & Glushchenko				0,06		
1	<i>Prestauroneis protractoides</i> (Hustedt) Q.Liu & Kociolek						0,01
1	<i>Psammothidium altaicum</i> (Poretzky) Bukhtiyarova						0,01
1	<i>Psammothidium daonense</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot						0,01
3	<i>Psammothidium grischunum</i> (Wuthrich) Bukhtiyarova et Round	0,02	0,02	0,02			
1	<i>Psammothidium levanderi</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round					0,03	
1	<i>Psammothidium microscopicum</i> (Cholnoky) S.Blanco	0,02					
2	<i>Psammothidium montanum</i> (Krasske) Mayama	0,04				0,01	
4	<i>Psammothidium oblongellum</i> (Oestrup) Van de Vijver	0,19			0,26	0,34	0,19
1	<i>Psammothidium rossii</i> (Hustedt) Bukhtiyarova et Round					0,02	
1	<i>Psammothidium ventrale</i> (Krasske) Bukhtiyarova et Round					0,01	
2	<i>Pseudofallacia monoculata</i> (Hustedt) Y.Liu, Kociolek & Q.Wang	0,02			0,02		
1	<i>Pseudofallacia occulta</i> (Krasske) Y.Liu, Kociolek & Q.X.Wang					0,02	
6	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D.M.Williams & Round	1,68	0,48	1,41	1,21	5,75	1,46

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		6	<i>Pseudostaurosira elliptica</i> (Schumann) Edlund, Morales & Spaulding	0,29	0,06	0,53	1,10
2	<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W.Smith) E.Morales	0,03				0,01	
2	<i>Pseudostaurosira robusta</i> (Fusey) D.M.Williams & Round					0,01	0,01
6	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	0,16	0,01	0,11	0,09	0,11	0,13
6	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	0,07	0,07	0,12	0,04	0,04	0,12
2	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller		0,21				0,01
1	<i>Rossithidium silvahercynia</i> (Lange-Bertalot) Bukhtiyarova		0,06				
2	<i>Sarcophagodes mutabilis</i> (Grunow) E.Morales	0,02					0,04
1	<i>Sellaphora americana</i> (Ehrenberg) D.G.Mann						0,01
1	<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D.G.Mann						0,04
5	<i>Sellaphora laevissima</i> (Kützing) D.G.Mann	0,02	0,18	0,09	0,12	0,02	
4	<i>Sellaphora medioconvexa</i> (Hustedt) C.E.Wetzel	0,03			0,04	0,02	0,10
1	<i>Sellaphora nana</i> (Hustedt) Lange-Bertalot, Cavacini, Tagliaventi & Alfinito	0,03					
6	<i>Sellaphora nigri</i> (De Notaris) C.E. Wetzel et Ector	1,89	3,92	0,53	2,14	0,56	3,58
6	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky	0,19	0,01	0,10	0,19	0,14	0,40
1	<i>Sellaphora rotunda</i> (Hustedt) Wetzel, Ector, Van de Vijver, Compère & D.G.Mann						0,01
6	<i>Sellaphora saugerresii</i> (Desm.) C.E. Wetzel & D.G. Mann	0,20	1,15	0,05	0,06	0,03	0,18
3	<i>Sellaphora stroemii</i> (Hustedt) H.Kobayasi				0,02	0,01	0,01
1	<i>Sellaphora tridentula</i> (Krasske) C.E. Wetzel				0,02		
1	<i>Sellaphora weinzierlii</i> (Schimanski) E.Reichardt				0,02		
2	<i>Stauroforma exiguiformis</i> (Lange-Bertalot) Flower Jones et Round	0,03			0,02		
6	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	0,19	0,13	0,18	0,13	0,02	0,04
1	<i>Stauroneis borrichii</i> (Petersen) Lund	0,02					
6	<i>Stauroneis kriegerii</i> Patrick	0,06	0,01	0,03	0,14	0,09	0,04
1	<i>Stauroneis legumen</i> Ehrenberg					0,02	
2	<i>Stauroneis lundii</i> Hustedt	0,03					0,01
3	<i>Stauroneis obtusa</i> Lagerstedt	0,03	0,01	0,10			
6	<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	0,05	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05
2	<i>Stauroneis pseudosubobtusoides</i> Germain	0,02					0,01
3	<i>Stauroneis schimanskii</i> Krammer	0,02		0,10	0,07		
5	<i>Stauroneis smithii</i> Grunow	0,05	0,03	0,15	0,16	0,07	
1	<i>Stauroneis thermicola</i> (Petersen) lund				0,04		
2	<i>Stauroneis undata</i> Hustedt	0,10	0,02				
3	<i>Staurosira berlinensis</i> (Lemmermann) Lange-Bertalot	0,02		0,06			0,01
6	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	0,17	0,06	0,71	0,11	6,74	0,44
6	<i>Staurosira leptostauron</i> (Ehrenberg) Kulikovskiy & Genkal	0,25	0,08	0,17	0,17	1,12	0,70
1	<i>Staurosira pseudoconstruens</i> (Marciniak) Lange-Bertalot						0,19
2	<i>Staurosirella oldenburgiana</i> (Hustedt) Morales	0,03					0,01
6	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehr.) Williams & Round	1,25	0,24	2,59	2,07	6,37	2,87
5	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	0,04	0,09		0,06	0,06	0,11
1	<i>Stephanodiscus medius</i> Håkansson						0,16
2	<i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kützing) Cleve & Möller		0,02				0,01
1	<i>Stephanodiscus neoastraea</i> Håkanson & Hikel			0,02			
5	<i>Surirella angusta</i> Kützing	0,14	0,01		0,09	0,06	0,05
3	<i>Surirella brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot	0,02				0,01	0,46
1	<i>Surirella librile</i> (Ehrenberg) Ehrenberg						0,13

Nb sp. / genre		267	174	184	213	262	288
Occurrence	Genres - Espèces	Evernia	Pseudevernia	Cladonia	Parmelia	Ramalina	Usnea
		5	<i>Surirella minuta</i> Brebisson ex Kützing	0,05		0,05	0,06
1	<i>Surirella ovalis</i> Brébisson						0,02
4	<i>Surirella roba</i> Leclercq	0,03		0,02	0,02		0,05
2	<i>Synedra famelica</i> Kützing	0,11					0,01
4	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	0,02	0,04			0,13	0,16
6	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	0,20	0,26	0,11	0,21	0,06	0,31
1	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.A. Agardh) Williams et Round						0,03
1	<i>Tabularia investiens</i> (W.Smith) D.M.Williams & Round		0,01				
3	<i>Tertiarius pygmaeus</i> (Pantocsek) Håkansson & Khursevich		0,06	0,06			0,04
3	<i>Tetracyclus rupestris</i> (Braun) Grunow	0,02	0,03			0,01	
3	<i>Thalassiosira pseudonana</i> Hasle & Heimdal	0,06				0,01	0,01
5	<i>Thalassiosira visurgis</i> Hustedt		0,27	0,21	0,04	0,06	0,12
1	<i>Tryblionella angustata</i> W.Smith					0,01	
1	<i>Tryblionella calida</i> (Grunow) D.G.Mann		0,01				
1	<i>Tryblionella compressa</i> (Bailey) Poulin	0,02					
2	<i>Tryblionella debilis</i> Arnott ex O'Meara				0,02	0,02	
3	<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) D.G. Mann	0,02			0,04		0,08
5	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	0,05	0,17		0,04	0,04	0,04
6	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	0,49	2,79	0,13	2,01	0,24	0,14

Les gastéropodes du Santonien supérieur (Crétacé supérieur) des Corbières méridionales, aux environs de Sougraigne (Aude, France) Troisième étude

Xavier Chaix¹ et Jérôme Plicot²

Résumé

L'étude de nouveaux affleurements du Crétacé supérieur des Corbières méridionales (Aude) a permis la récolte de nombreux gastéropodes dans les Formations des Marnes bleues de Sougraigne et de la Montagne des Cornes, datées du Coniacien et du Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous-zone à Paraplanum. Sont cités dans cette troisième étude des représentants des genres *Parasimploptyxis*, *Brunonia*, *Pseudamaura*, *Rhombovomeria*, *Pterodonta*, *Helicocryptus*, *Mesorhytis*, *Palaeocypraea* ; certaines espèces décrites sont peu connues et signalées pour la première fois dans le Santonien des Corbières ; deux espèces nouvelles, *Helicocryptus lardieri* et *Palaeocypraea plicoti*, sont décrites et figurées.

Mots clés : Gastropoda, Crétacé supérieur, Santonien, Corbières, Aude, France.

The gastropods of the Upper Santonian (Upper Cretaceous) southern Corbières, in the hinterland of Sougraigne (Aude, France). Second study

Abstract

The study of new Upper Cretaceous outcrops in the vicinity of Sougraigne (southern Corbières, Aude) has allowed the collection of numerous gastropods from the "Marnes bleues de Sougraigne" and "Montagne des Cornes" Formations dating from the Coniacian and the Upper Santonian, Polyopsis Zone, Paraplanum Sub-zone. In this second study, representatives of the genera *Parasimploptyxis*, *Brunonia*, *Pseudamaura*, *Rhombovomeria*, *Pterodonta*, *Helicocryptus*, *Mesorhytis*, *Palaeocypraea* are examined. Two new species, *Helicocryptus lardieri* and *Palaeocypraea plicoti*, are described and illustrated.

Keywords : Gastropoda, Upper Cretaceous, Santonian, Corbières, Aude, France.

Introduction

Le présent travail est la poursuite la réactualisation de la systématique des gastéropodes du Santonien (Crétacé supérieur) des Corbières méridionales aux alentours de Sougraigne (Aude), qui n'ont pas fait d'étude paléontologique depuis les travaux anciens de d'Archiac (1854), de Roussel (1885), de Cossmann (1896-97, 1902, 1903) et de Delpy (1938, 1942). Dans la première partie de cette étude (Chaix & Plicot, 2018) ont été décrites et figurées deux

espèces nouvelles, *Confusiscala faurei* Chaix 2018 et *Pletzachia plicoti* (Chaix 2018), dans la seconde partie (Chaix & Plicot, 2020), *Pleurotomaria plicoti* Chaix 2020, *Bathrotomaria bilottei* Chaix 2020 et *Bathrotomaria delpeyi* Chaix 2020.

Nous renvoyons le lecteur à la première partie de cette étude pour plus de détails sur les cadres historiques et stratigraphiques de cette étude (Chaix & Plicot, 2018). Rappelons cependant que les dépôts

1. Musée de Paléontologie et de Préhistoire, 12 rue Saint-Mammès, F-11160 Villeneuve-Minervois.

bernadette.chaix@wanadoo.fr

2. Jérôme Plicot, F-11200, Saint-André-de-Roquelongue.

du Crétacé supérieur des Corbières méridionales appartiennent à la couverture méridionale du Massif hercynien de Mouthoumet et qu'ils s'expriment particulièrement bien au niveau du Synclinal de Rennes-les-Bains dans lequel se développe un dispositif prodeltaïque à deux composantes sédimentaires disposées en relais latéral. L'ensemble montre une polarité vers le sud, représentative de la marge nord-aquitaine (Bilotte, 2007) :

- Au nord, un complexe sédimentaire de 100 à 250 m d'épaisseur, de type deltaïque, regroupé dans la Formation de la Montagne des Cornes (Rolland du Roquand, 1841), au sein duquel se développent des bioconstructions récifales à rudistes qui occupent les trois reliefs de la Montagne des Cornes, des Cloutets et du Brenz.

- Au sud, La Formation des Marnes bleues de Sougraigne (Toucas, 1879), uniformément constituée de 100 à 250 m de marnes micacées, fines, témoignant d'un milieu de dépôt plus profond, de type prodeltaïque.

- Des faciès de transition et des indentations entre ces deux formations concourent à la complexité de la succession lithostratigraphique des environs de Sougraigne où divers faciès intermédiaires, latéralement bien délimités, ont été individualisés sous diverses dénominations désignant des membres lithologiques très localisés tels les « Calcaires à Lima », les « Marnes à Turritelles et Corbules », les « faciès terrigènes à ossements de Mosasaures », ou encore les « Marnes du Moulin Tiffou ». La coupe historique du Chemin de Sougraigne aux Cloutets recoupe certains d'entre eux.

Étude systématique, par Xavier Chaix

Embranchement : Mollusca

Classe : Gastropoda

Sous Classe : Orthogastropoda

Ordre : Heterobranchia

Sous ordre : Allogastropoda

Super famille : Nerineoidea Zittel, 1873

Famille : Nerineidae Zittel, 1873

Sous famille : Eunerineinae Kollmann, 2005

Genre : *Parasimplotyxis* Akopyan, 1976

**Espèce-type : *Parasimplotyxis pailletteana*
(d'Orbigny, 1842)**

***Parasimplotyxis pailletteana* (d'Orbigny, 1842)**

Fig. 24

1842 - *Nerinea pailletteana* d'Orbigny, p. 88, pl. 161, fig.15-16.

2005 - *Parasimplotyxis pailletena* Kollmann, p. 32-33, pl. 2, fig. 15-16.

Lectotype : *Nerinea pailletteana* (d'Orbigny, 1842), désigné par Kollmann (2005), conservé au Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

Dimensions : Hauteur conservée : 120 mm ; hauteur reconstituée : 200 mm ; largeur du dernier tour : 40 mm ; angle de croissance : non mesurable.

Description :

Espèce très allongée, à croissance très lente, tours peu élevés, légèrement concaves. La suture est peu visible, laissant cependant supposer un recouvrement partiel des tours. L'ornementation est essentiellement formée par de gros tubercules arrondis séparés par un intervalle latéral variant de 5 à 10 mm, recoupés par de fins filets spiraux. La base est concave. Elle est ornée de gros tubercules d'un diamètre moyen de 15 mm. L'ouverture, étroite, porte au niveau de la columelle, deux gros plis bien visibles, un troisième se devine, sur la base et vers la partie inférieure de l'ouverture. Le labre présente la forme habituelle des Nérinées. La coupe axiale, n'a pas été réalisée sur notre unique échantillon.

Remarques :

D'Orbigny (p. 88-89) précise que cette espèce du Santonien supérieur « a été découverte par M. Paillette et par moi, à la Source Salée, près des Bains-de-Reine (Aude), où elle est commune ». Kollmann (2005, p. 33), indique qu'il y a confusion concernant l'orthographe et la localisation du gisement qui doit être rectifiée en Rennes-les-Bains (Aude).

Si nous nous reportons au travail de Stoliczka (1865, p.132), deux figurations sont indiquées pour l'espèce « *pailletteana* ». La première correspond bien à la figuration de la Paléontologie Française, par d'Orbigny (pl. 162, fig.1-3). Par contre, la seconde renvoie à un taxon différent : *Nerinea turbinata* (Zekeli, 1852, pl. 5, fig. 4 a-c). Très proche de l'espèce de d'Orbigny, si l'on ne considère que son ornementation, cette dernière espèce est en fait de plus petite taille (hauteur : 80 mm, au lieu de 150 à 200 mm). Sa forme est nettement plus évasée et son angle de croissance est à peu près constant. Stoliczka, aurait dû mentionner une autre espèce de Gosau (Autriche), figurée également par Zekeli, *Nerinea buchi* (Zekeli, 1852, pl.4, fig. 3-4), qui a été décrite



Fig. 24 - *Parasiplioptyxis pailletteana* (d'Orbigny, 1842), K9488, flanc ouest du Brenz, chemin de Sougraigne à Bugarach.
Sauf mention particulière, tous les échantillons sont figurés en taille réelle. Photos Jérôme Plicot.

pour la première fois en 1829 par Keferstein & Bronn in Goldfuss (1841, p. 46, pl. 177, fig. 5).

Kollmann (2005, p. 23) signale chez divers auteurs, d'autres confusions entre « *pailletteana* » et « *buchi* ». Pour plus de précisions il convient de se reporter aux travaux de Charles & Flandrin (1932).

Âge et provenance : Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous zone à Paraplanum. Récolté sur le flanc ouest du Brenz, chemin de Sougraigne à Bugarach.

Matériel étudié : 1 ex. K9488 (**Fig. 24**). Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

Sous classe : Mesogastropoda
Super famille : Carinariodea Kase, 1988
Famille : Carinariidae Dieni, 1990

Genre : *Brunonia* Müller, 1898
Espèce-type : *Brunonia grandis* Müller, 1898

***Brunonia grandis* Müller, 1898**
Fig. 25, 26

1898 - *Brunonia grandis* Müller, p. 132, pl. 18, fig. 1 3.
1960 - *Brunonia grandis* Müller. Moore, p. 1237, fig. 151.

Holotype : Il provenait du Campanien de Braunschweig (Allemagne) et a été détruit pendant la seconde guerre mondiale. Il n'est représenté que par plusieurs moulages en silicone conservés au National Science Museum de Tokyo (Japon) et du Los Angeles county Museum of Natural History (U.S.A.).

Dimensions :

- K11671 (**Fig. 25**) : Grand diamètre : 68 mm ; petit diamètre : 42 mm ; hauteur : 42 mm.
- K11424 (**Fig. 26**) : Grand diamètre : 60 mm ; petit diamètre : 50 mm ; hauteur : 40 mm.

Description :

Pour les deux échantillons, l'ouverture est de forme ovale, allongée, le sommet légèrement recourbé. L'impression du muscle interne, vue la position de la coquille, n'est pas visible, ce qui semble être le cas de tous les taxons connus appartenant au genre *Brunonia*.

L'ornementation du spécimen K11424 est bien conservée (**Fig. 26**) sous forme d'une quarantaine de lignes concentriques, d'intensité variable, donnant l'impression de bourrelets étagés, sur l'un des côtés du fossile, suite à une compression au cours de la fossilisation.

L'échantillon K11671 (**Fig. 25**) est orné de lignes concentriques, nettement visibles par endroits et il est possible de distinguer une ornementation axiale, située en-dessous.

Remarques :

Le genre *Brunonia* est exclusivement Crétacé et n'est représenté que par quelques espèces dont :

- *Brunonia grandis* Müller, 1898, également cité dans le Campanien de l'Allemagne et du Japon.
- *Brunonia irregularis* Müller, 1898, du Crétacé d'Allemagne.
- *Brunonia annulata* Yokoyama, 1890, du Crétacé inférieur de Crimée, du Japon et de Tunisie.

La position taxonomique de *Brunonia* a été longtemps débattue. Le genre est rattaché aux Pulmonata ou aux Archeogastropoda par certains auteurs, alors que Moore (1960, p. 1236) indique

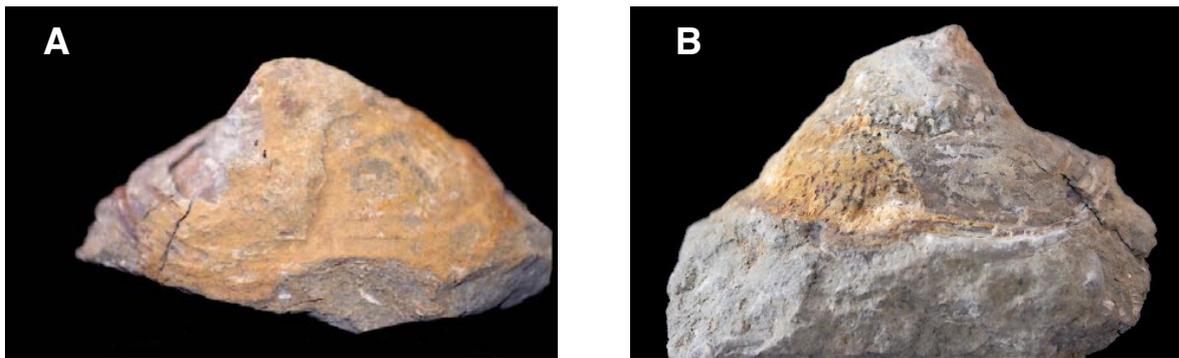


Fig. 25A, B - *Brunonia grandis* Müller. K11671. Marnes micacées du Vieux cimetière, sur le chemin des Cloutets à Sougraigne.

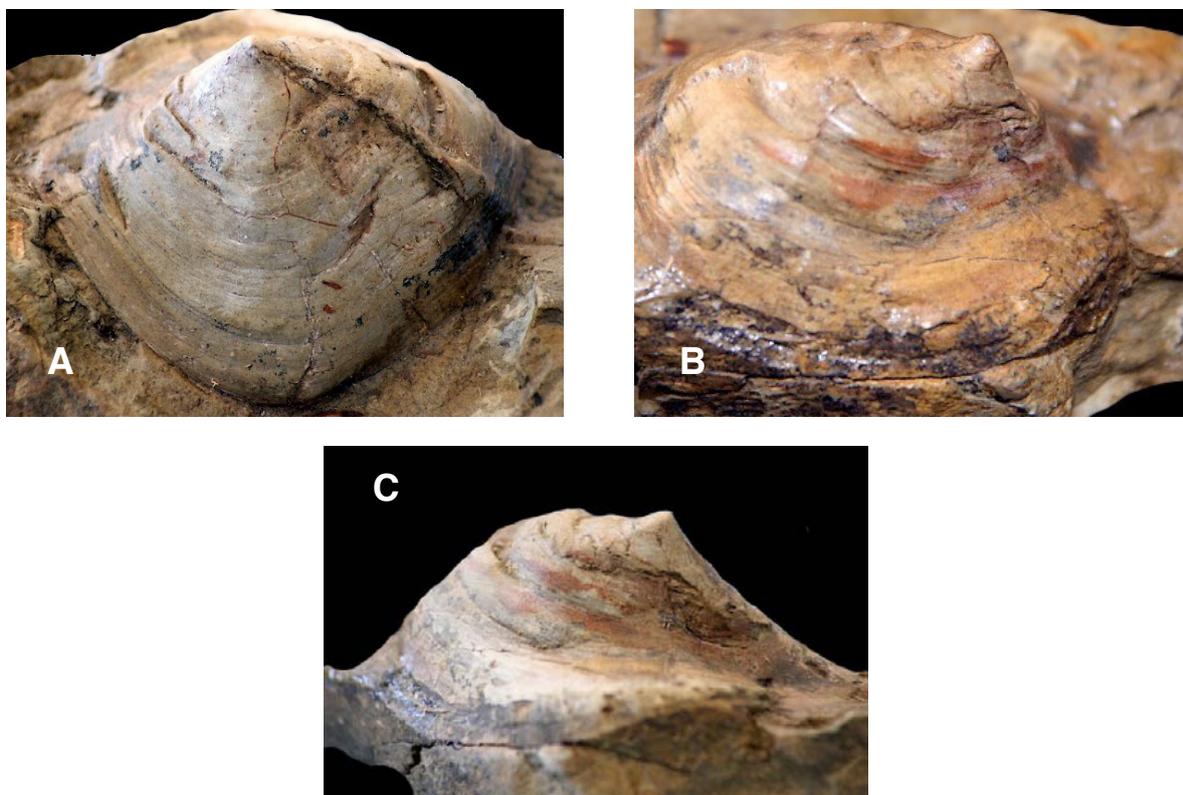


Fig. 26 A, B, C - *Brunonia grandis* Müller. K11424. Marnes bleues du ravin de La Coume.

« ? *Pattelina*, Superfamily and Family uncertain ». Des précisions ont pu être apportées par Kase (1988) et par Dieni (1990), concernant le genre *Brunonia* et ses diverses interprétations taxonomiques.

Âge et provenance : Marnes micacées du Vieux cimetière, sur le chemin des Cloutets à Sougraigne (Aude), Zone à Polyopsis, Sous zone à Gallicus (**Fig. 25**) ; Marnes bleues du ravin de La Coume, dans le Santonien moyen, Zone à Gallicus, (**Fig. 26**).

Matériel étudié : 1 ex. K11671 (**Fig. 25**) et 1 ex. K11424 (**Fig. 26**). Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve Minervois (Aude).

Ordre : Caenogastropoda
Super famille : Ampulloidea Lozuets *et al.*, 2001
Famille : Ampullinidae Cossmann, 1919

Genre : *Pseudamaura* Fischer, 1885
Espèce type : *Natica bulbiformis* (Sowerby, 1831)

***Pseudamaura subbulbiformis* (d'Orbigny, 1850)**

Fig. 27 A, B, C

- 1842 - *Natica bulbiformis*, J. de C. Sowerby.
D'Orbigny, p. 162, pl.174, fig. 3-3'.
1850 - *Natica subbulbiformis* d'Orbigny, p. 191,
n° 51.
1954 - *Tylostoma bulbiformis* J. de C. Sowerby.
Delpey, fig.14-15.
2005 - *Pseudamaura subbulbiformis* (d'Orbigny).
Kollmann, p. 63, pl. 8, fig. 12-15.

Lectotype : La figuration de d'Orbigny (1842, pl.174, fig 3-3') est en réalité un synthétogramme (Kollmann 2005, p. 63) ; cet auteur a donc désigné un lectotype (n° 6817-1) d'après un échantillon de la collection d'Orbigny, provenant du Turonien d'Uchaux (Vaucluse), et qu'il figure pl. 8, fig. 12.

Dimensions :

Nous avons fait le choix parmi les nombreux fossiles examinés dans des collections particulières, de trois échantillons représentant les formes les plus caractéristiques de ce taxon, et les avons nommés respectivement :

- K10695 « forme *major* » (**Fig. 27A**) : Hauteur reconstituée 70 mm ; diamètre du dernier tour 54 mm.
- K10664a « forme *minor* » (**Fig. 27B**) : Hauteur 35 mm ; diamètre du dernier tour 25 mm.
- K11569 « forme *elongata* » (**Fig. 27C**) : Hauteur reconstituée 58 mm ; diamètre du dernier tour 30 mm.

Description :

Pseudamaura subbulbiformis est extrêmement

variable. La « forme *elongata* » (**Fig. 27C**) est la plus allongée. L'ouverture est de forme élancée, le dernier tour occupant les trois quarts de la hauteur totale de la spire. Sur une cinquantaine d'échantillons observés provenant du niveau des Marnes bleues à Sougraigne, aucun ne présente d'ombilic ou de callosité columellaire. Par contre, tous présentent une très nette rampe infrasuturale s'excavant de plus en plus avec l'accroissement de la coquille. Certains spécimens présentent de très fines stries de croissance orthoclines (= penchant vers la droite).

Un seul des échantillons observé illustre la « forme *minor* » de l'espèce (**Fig. 27B**). L'ouverture de la coquille (sans doute à un stade juvénile) est de forme ovale, son bord, à partir de la zone columellaire, laisse supposer la présence d'un ombilic très étroit. Il s'arrondit au niveau du bord externe, pour arriver à mi- hauteur du dernier tour, en se terminant par un angle très net, correspondant à la rampe infrasuturale.

La forme « *major* », semble la plus fréquente, nous avons pu en observer plus d'une vingtaine d'échantillons, toujours de forme nettement plus large, que pour les deux autres et portant toujours une rampe suturale très nette.

Bien sûr de nombreux stades intermédiaires existent, ce qui n'autorise pas la création d'espèces distinctes, comme ont pu le proposer certains auteurs.

Remarques :

Avant d'être individualisée dans le Prodrôme (d'Orbigny, 1850), *Pseudamaura subbulbiformis* avait été rapproché dans la Paléontologie Française (d'Orbigny, 1842, p. 162, pl. 174, fig. 3) de *Natica bulbiformis* (J. de C. Sowerby, 1835, pl. 12, fig. 38,



Fig. 27A - *Pseudamaura subbulbiformis* (d'Orbigny) « forme *major* ». K10695. Formation des Marnes bleues de Sougraigne.

sans description). Il s'en est suivi une importante confusion entre ces deux espèces :

Delpey (1954, p. 333, fig.14-15), dans son étude des fossiles de la collection Sénesse, rattache ce fossile au taxon *bulbiformis* et signale que l'espèce est très fréquente dans les environs de Sougraigne, en particulier la « forme *elongata* », au nord-ouest de Parahou-Grand, à la surface des marnes à *Actinocamax*, et à Rennes-les-Bains, au-dessus de Moulin-Tiffou. A noter qu'elle la donne également en équivalence avec *Natica immersa* (Münster in Goldfuss, 1841-44).

D'autres auteurs, par exemple Roman & Mazeran (1920, p. 41-42), placent les deux espèces en synonymie.

Kollmann (2005, p. 63) individualise bien les deux taxons (*bulbiformis* et *subbulbiformis*) et précise que l'espèce *bulbiformis* de Sowerby a pour principaux caractères « sa spire relativement élevée,

une rampe infrasuturale canaliculée, le bord interne de l'ouverture arquée ».

Une révision de ces divers taxons et de travaux ultérieurs serait très souhaitable, comme l'ont suggéré Wolf & Scenz (1972, p. 234), mais dans cette attente, nous rattachons nos fossiles de la région de Sougraigne à *Pseudamaura subbulbiformis* (d'Orbigny, 1850).

Âge et provenance : Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous zone à Paraplanum. Formation des Marnes bleues de Sougraigne.

Matériel :

- 1 ex. K10695 « forme *major* » (dont Fig. 27A) ; 1 ex. K10644a « forme *minor* » (dont Fig. 27B) ; 1 ex. K11569 « forme *elongata* » (dont Fig. 27C), conservés dans les collections du Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).



Fig. 27B - *Pseudamaura subbulbiformis* (d'Orbigny) « forme *minor* ». K10664a. Formation des Marnes bleues de Sougraigne.



Fig. 27C - *Pseudamaura subbulbiformis* (d'Orbigny) « forme *elongata* ». K11569. Formation des Marnes bleues de Sougraigne.

Ordre : Caenogastropoda

Super famille : Stromboidea Rafinesque, 1815

Famille : Aporrhaidae Gray, 1850

Sous famille : Harpagodinae Pechelintsev, 1963

Genre : Rhombovermeria Kollman, 2009

Espèce type : Rostellaria passer
(Zekeli, 1852, p.68, pl. 12, fig. 6)

***Rhombovermeria passer* (Zekeli, 1852)**

Fig. 28

1852 - *Rostellaria passer* Zekeli, p. 68, pl. 12, fig. 6.

2009 - *Rhombovermeria passer* (Zekeli). Kollmann, p. 45, fig. 6.2.

Holotype : Il provient du Crétacé supérieur de Gosau (Autriche) et est conservé dans les collections du Musée d'Histoire Naturel de Vienne (Autriche).

Dimensions : Hauteur 49 mm ; hauteur reconstituée 60 mm ; diamètre du dernier tour sans tenir compte de la zone alaire 17 mm.

Description :

Espèce à ornementation treillisée, rostre siphonal

recourbé pouvant être aussi long que le dernier tour, ce dernier étant de même longueur que le reste de la spire. Il porte, à sa base, une carène portant des nodosités, ainsi que 8 côtes transverses noduleuses séparées par des côtes plus fines à faibles nodosités. De l'extrémité de ces côtes transverses partent une dizaine de digitations toujours ponctuées. L'ensemble du labre, de forme triangulaire, est relié tout à la fois à l'avant dernier tour inférieur et au début du rostre siphonal.

Remarques :

Cette espèce, relativement fréquente à Sougraigne, est presque toujours fossilisée face dorsale visible, tout du moins pour les exemplaires ayant conservé leur labre.

Delpy (1954, p 373) décrit ce taxon sans le figurer et précise qu'il a été récolté dans la région de Sougraigne (Aude) par Sénesse et Toucas, à la base du Santonien supérieur de la Jouane et du lit l'Eau-Salée, ainsi que dans la couche à *Oxyrhina mantelli* de Parahou-Grand.

Âge et provenance : Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous zone à Paraplanum, trouvé en place sur le chemin des Cloutets, à Sougraigne (Aude).

Matériel étudié : 1 ex. K11427 (Fig. 28). Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

Super famille : Stromboidea Rafinesque, 1815

Famille : Tylostomidae Stoliczka, 1868

Genre : *Pterodonta* d'Orbigny, 1843

Espèce-type : *Pterodonta inflata* d'Orbigny, 1843 désignée par Cossmann 1904, p. 116

Pterodonta elongata d'Orbigny, 1843

Fig. 29

1843 - *Pterodonta elongata* d'Orbigny, p. 316, pl. 218, fig. 2.

2005 - *Pterodonta elongata* d'Orbigny. Kollmann, p. 136, pl. 14, fig. 17.

Lectotype : Désigné par Kollmann (2005, p. 136) qui n'a pu retrouver l'holotype de l'espèce.

Dimensions : Hauteur conservée 120 mm ; hauteur estimée 130 mm ; hauteur dernier tour 70 mm ; diamètre dernier tour 85 mm.



Fig. 28 - *Rhombovermeria passer* (Zekeli). K11424. Chemin des Cloutets, à Sougraigne (x 2).

Description :

Demi-moule interne de grande taille dont seulement la moitié dorsale a été conservée (selon une coupe verticale du fossile). Présence de quelques traces d'une coquille semblant peu épaisse, mais aucune ornementation n'est visible. La hauteur du deuxième tour est au moins égale à celle du reste de la spire, qui devait comporter au moins 8 tours. Il porte à 30 mm du bord du labre, une fossette légèrement inclinée vers la droite, d'une longueur de 25 mm et d'une largeur de 13 mm, correspondant à une saillie dentiforme prélabrale interne (correspondant sans doute à plusieurs dents). Le labre se prolonge dans la partie dirigée vers l'apex, par une très nette incurvation, qui vient en partie recouvrir les tours inférieurs. Dans la partie opposée, il présente un siphon court incliné vers la gauche.

Remarques :

Cette espèce de grande taille est à rattacher à la famille des *Tylostomidae* (Stoliczka, 1868) et au genre *Pterodonta* (d'Orbigny, 1843) en raison de la saillie prélabrale interne et du labre portant un court canal siphonal oblique (Kollmann, 2005, p. 137).

De nombreuses autres espèces de *Pterodonta* ont été décrites ou signalées par d'Orbigny, dans la Paléontologie française (1843), puis dans son



Fig. 29 - *Pterodonta elongata* d'Orbigny. K10678. Sous le chemin des Cloutets, dans le niveau des Marnes bleues, à Sougraigne.

Prodrome (1850). Il semble difficile de les distinguer avec certitude, vu leur état de conservation, certains spécimens ayant été considérés à juste raison comme « *species dubia* » par Kollmann (2005). Tous ces fossiles sont photographiés sur le site « www.stromboidea.de » et signalés comme autant de lectotypes potentiels (avec les réserves qu'il convient de faire).

Delpey (1954, p. 375) met en synonymie les taxons *Pterodonta elongata* (d'Orbigny), *P. intermedia* (d'Orbigny, 1843) et *P. ovata* (d'Orbigny, 1843). Cette interprétation n'est pas, à notre avis, à retenir, comme le confirme Kollmann (2005, p. 136).

Pterodonta inflata (d'Orbigny, 1843) est l'espèce la plus proche de notre spécimen, si nous nous reportons aux deux figurations de Roman & Mazeran (1920, p. 57-58, fig. 18-19) provenant du Turonien d'Uchaux (Vaucluse). Cette espèce se distingue cependant de notre taxon par une suture plus enfoncée, portant un léger méplat à la partie inférieure des tours de spire, et un dernier tour beaucoup plus renflé qui occupe plus de la moitié de la hauteur totale de la coquille.

Une dernière remarque que nous pourrions éventuellement retenir, est que *Pterodonta elongata* a été décrit à partir de fossiles d'âge cénomanien et non pas d'âge santonien. Cependant Delpey (1954, p. 375) cite ce taxon comme ayant été récolté dans le Santonien supérieur de Sougraigne (Aude), en se référant à des échantillons conservés dans la collection Toucas.

Nous considérons cependant notre fossile, comme devant être rattaché à *Pterodonta elongata* (d'Orbigny).

Âge et provenance : Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous zone à Paraplanum, récolté en place sous le chemin des Cloutets, dans le niveau des Marnes bleues, à Sougraigne (Aude).

Matériel étudié : 1 ex. K10678 (**Fig. 29**). Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

Genre : *Pterodonta* d'Orbigny, 1843

Espèce type : *Pterodonta inflata* d'Orbigny, 1843 désignée par Cossmann (1904, p. 116)

***Pterodonta inflata* d'Orbigny, 1843**

Fig. 30

1843 - *Pterodonta inflata* d'Orbigny, p. 318, pl. 219.

2005 - *Pterodonta inflata* d'Orbigny. Kollmann, p. 137, pl. 14, fig. 18 a-b.

Lectotype : Il est désigné par Kollmann (2005, p. 137, pl. 14, fig. 18 a-b).

Dimensions : Hauteur conservée 90 mm ; hauteur estimée 100 mm ; diamètre du dernier tour 52 mm ; hauteur estimée du dernier tour 65 mm.

Description :

Moule interne de grande taille, avec un dernier tour plus grand et plus renflé que le reste de la spire, Aucune ornementation visible. La coquille semble épaisse (2 mm). Elle possède environ 8 tours portant



Fig. 30 - *Pterodonta inflata* d'Orbigny. K9485. Sous le chemin des Cloutets, à Sougraigne.

un net méplat à leur partie inférieure. La suture est enfoncée. Le labre se prolonge dans la partie dirigée vers l'apex par un recouvrement partiel des tours inférieurs. Il porte, à environ 25 mm de son bord, une saillie prélabrale (ici en creux sur le moule interne), en forme de rein, dont la longueur est de 25 mm et la largeur de 10 mm. Elle est sans doute composée de plusieurs dents internes au labre (sans doute : 3 ?). Présence d'un court canal siphonal incliné.

Remarques :

Cette espèce du Turonien d'Uchaux (Vaucluse) est à rattacher, comme l'espèce précédente (voir **Fig. 27**) et pour les mêmes raisons, à la famille des *Tylostomidae* et au genre *Pterodonta*.

Il convient cependant de remarquer que, curieusement, *Pterodonta elongata* (voir espèce précédente) possède une coquille mince, tandis que *Pterodonta inflata*, possède une coquille très nettement plus épaisse.

Comparaison :

Pterodonta elongata (d'Orbigny, 1843) est l'espèce la plus proche de notre fossile. Elle s'en distingue par des sutures moins enfoncées avec l'absence de méplat à la partie inférieure des tours et, sans doute, par une coquille moins épaisse (à vérifier sur des récoltes ultérieures).

Âge et provenance : Santonien supérieur, Zone à

Polyopsis, Sous zone à Paraplanum, trouvé en place sous le chemin des Cloutets à Sougraigne (Aude).

Matériel étudié : 1 ex. K9485 (**Fig. 30**). Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

Super famille : Trochoidea Rafinesque, 1815

Famille : Turbinidae Rafinesque, 1815

Sous famille : Helicocryptinae Cox, 1960

Genre : *Helicocryptus* (d'Orbigny, 1850)

Espèce-type : *Helix pusilla* Roemer, 1836 (non Kallot, 1801)

***Helicocryptus lardieri* nov. sp.**

Fig. 31

Localité et strate types : L'holotype provient de la Formation des Marnes bleues de Sougraigne, d'âge santonien supérieur, où il a été trouvé en place, au bas du chemin des Cloutets, à Sougraigne (Aude).

Âge : Santonien supérieur, niveau des Marnes bleues, Zone à Polyopsis, Sous zone à Paraplanum.

Holotype : spécimen K11666 (**Fig. 31**) de la collection Chaix, conservé dans les collections du Musée

d'Histoire Naturelle de Toulouse (Haute-Garonne).
L'holotype est un individu adulte dont le diamètre moyen est de 12 mm et l'épaisseur de 9 mm.

Paratype : spécimen K11674 (non figuré) provenant du même niveau que l'holotype (Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois).

Origine du nom : Dénommé ainsi en l'honneur de Roger Lardière, pour son importante contribution au site internet « fossiles-minervois ».

Diagnose :

Petite coquille involute, à spire lisse et apex bien visible. Tours très peu nombreux, le dernier, très développé, recouvre très largement les précédents en s'arrondissant pour former la base. Cette dernière est sans doute étroitement ombiliquée et présente une callosité columellaire, comme pour toutes les autres espèces de ce genre.

Remarque :

Le genre *Helicocryptus*, signalé et figuré par Moore (1960, p. 1267, fig. 172 a-b), présente une extension stratigraphique étendue du Bathonien au Crétacé européen. Par exemple, *Helicocryptus dubius* (Buvignier, 1852, p. 36, pl. 24, fig. 6-9) de la collection d'Orbigny, décrit et figuré par Kollmann et Weber (1997, p. 120, pl. 20, fig. 23 a-c) est un fossile jurassique de l'Oxfordien de Saint-Mihel (Meuse) présent sur la bordure est du Bassin de Paris, ainsi qu'en Allemagne et en Suisse. Autre exemple, *Helicocryptus radiatus* (d'Orbigny, 1850, n° 151 du Prodrôme) est une espèce crétacée provenant du Cénomaniens du Mans (Sarthe), taxon également cité par Sowerby (p. 89, pl. 140, fig. 5) sous l'appellation « *Planorbis radiatus* ».

Le genre *Helicocryptus*, n'a jamais été signalé à ce jour dans le Santonien supérieur. C'est aussi la raison pour laquelle nous proposons une espèce nouvelle.



Fig. 31 - *Helicocryptus lardieri* nov. sp. **Holotype** K11666. Bas du chemin des Cloutets, à Sougraigne (x 2).

Ordre : Caenogastropoda Cox, 1959
Sous Ordre : Neogastropoda Thiele, 1929
Super Famille : Pyrifusoidea
Bandol & Dockery, 2009
Famille : Volutodermidae
Pilsbry & Olsson, 1954
Sous Famille : Paleosephaeinae
Pilsbry & Olsson, 1954

Genre : *Mesorhytis* Meek, 1876

Espèce-type : *Mitra mitra* (Linné, 1758)
par désignation postérieure de *Mitra episcopalis*
(Linné, 1758)

Mesorhytis cancellata
(J. de C. Sowerby, 1835)
Fig. 32

- 1835 - *Mitra cancellata* J. de C. Sowerby, pl. 39, fig. 30.
- non 1843 - *Mitra cancellata* J. de C. Sowerby. D'Orbigny, pl. 221, fig. 5.
- non 1852 - *Mitra cancellata* J. de C. Sowerby. Zekeli, pl. 13, fig. 14.
- 1861 - *Mitra cancellata* J. de C. Sowerby. Binkhorst, pl. 5 a3, fig. D.
- 1896 - *Mitra cancellata* J. de C. Sowerby. Cossmann, pl. 2, fig. 4-5.
- 1980 - *Mesorhytis cancellata* J. de C. Sowerby . Kollmann, p. 204, pl. 3, fig. 25-27.

Holotype : *Mitra cancellata* J. de C. Sowerby, 1835, conservé dans les collections du British Museum à Londres (Grande-Bretagne).

Dimensions : Hauteur 69 mm ; hauteur du dernier tour 45 mm ; diamètre du dernier tour 18 mm ; angle spiral 27°.

Description :

Notre spécimen, bien que pratiquement complet, est malheureusement fossilisé du côté ventral, l'ouverture ainsi que les plis columellaires n'étant pas visibles. Le fossile est composé de 7 tours de spire, le dernier nettement plus grand que le reste de la spire, présente un long et étroit cou siphonal. L'ornementation est formée d'un treillisage dû à la rencontre des ornements axiaux et spirales, déterminant à leur rencontre une nette et épaisse ponctuation, remontant sur la totalité du canal siphonal.



Fig. 32 - *Mesorhytis cancellata* (J. de C. Sowerby). K11673. La Coume, à Sougraigne (x 1,2).

Comparaisons :

Il y a souvent eu confusion entre les deux espèces *Mitra cancellata* J. de C. Sowerby et *Mitra cassisiana* d'Orbigny, 1850 (p.154, n° 172), espèce de plus petite taille (rapport d'environ 1/2) à côtes axiales plus prononcées.

- Dans la Paléontologie française, d'Orbigny (1843, p. 329, pl. 221, fig. 5) nomme *Mitra cancellata* J. de C. Sowerby, le fossile récolté dans la craie chloritée moyenne de Cassis (Bouches-du-Rhône), qu'il décrit ainsi « sillons serrés qui en se croisant, forment un treillis régulier, dans lequel néanmoins, dominent les côtes transverses... je n'ai pas l'entière certitude de son identité ». Il s'agit d'exemplaires incomplets de petite taille (hauteur reconstituée : 31 mm, au lieu de 69 mm). Il les distingue nettement dans le Prodrome de Paléontologie, d'Orbigny (1850) et les nomme *Mitra cassisiana* (d'Orbigny, 1850).

- Kollman (2005, p. 143, pl. 17, fig.6 a-b) confirme cette nouvelle attribution à *Mesorhytis cassisiana* et la précise en se basant sur des échantillons de même provenance retrouvés dans la collection d'Orbigny ; Il s'agit bien d'une espèce treisillée mais dont les « costules colabrales monoclines » sont nettement plus épaisses que l'ornementation spirale, ce qui n'est pas le cas pour la figuration de d'Orbigny dans la Paléontologie française.

Notre fossile (**Fig. 30**), ainsi que d'autres échantillons, provenant de collections particulières du

Crétacé supérieur de la région de Sougraigne, montrent que les deux ornémentations, axiales et spirales, sont de force pratiquement équivalente et forment à leur intersection une ponctuation qui s'étend sur toute la coquille, y compris sur le cou siphonal. Ce n'est pas le cas pour *Mitra cassisiana*, qu'il faut classer comme notre espèce, dans le genre *Mesorhytis* (Meek, 1876).

Mesorhytis cancellata, est signalée par Cossmann (1896, p. 250-251, pl. 2, fig. 4-5), dans le Turonien et le Santonien des Corbières et précise que l'espèce de Gosau (Autriche), figuré par Zekeli (1852, pl. 13, fig. 14) est à rattacher à *Mesorhytis cassisiana*.

Âge et provenance : ce taxon est signalé dans la Zone à *Nowakites carezi* à La Coume (Sougraigne - Aude).

Matériel étudié : 1 ex. K10673 (**Fig. 32**). Musée de Paléontologie et de Préhistoire de Villeneuve-Minervois (Aude).

Ordre : Caenogastropoda Cox, 1959

Famille : Cypraeidae Rafinesque, 1815

Sous Famille : Bernayinae Schilder, 1927

Genre : *Palaeocypraea* Schilder, 1928

Espèce-type : *Cypraeacites spiratus*
Schlotheim, 1820
(par désignation originale)

***Palaeocypraea plicoti* nov. sp.**

Fig. 33

Localité et strate types : L'Holotype provient du chemin des Cloutets à Sougraigne (Aude) où il a été trouvé en place dans la Formation des Marnes bleues de Sougraigne.

Âge : Santonien supérieur, Zone à Polyopsis, Sous zone à Paraplanum.

Holotype : Spécimen K11672 (**Fig. 33**) de la collection Chaix, conservé dans les collections du Musée d'Histoire Naturelle de Toulouse.

L'holotype est un individu adulte de 55 mm de hauteur et de 14 mm au maximum de largeur. Son épaisseur maximale est de 20 mm.

Origine du nom : Dénommé en l'honneur de Jérôme Plicot, découvreur de cette espèce.

Diagnose :

Échantillon légèrement aplati (ayant sans doute subir un léger écrasement) appartenant à une grande espèce de *Cypraea* dont les pointes des deux extrémités ne sont pas conservées dans leur intégralité. La face dorsale est large, peu bombée, se rétrécissant très nettement à son extrémité adapicale. La face ventrale est également peu bombée, presque aplatie et ne porte aucune ornementation visible. Le mauvais état de conservation, ne permet pas d'affirmer la présence de dents labiales (que nous pouvons très certainement

envisager) et de plis terminaux. La fossula n'est pas visible.

Comparaison :

Si les *Palaeocypraea*, sont connues sans doute par une dizaine d'espèces dans le Crétacé d'Amérique du nord, elles restent rares dans le Crétacé d'Europe. Notre fossile peut être rapproché, pour les espèces américaines, de *Bernaya (Protocypraea) gualalaensis* (Anderson, 1958, p. 279, fig. 23-26), et pour les taxons européens, de *Cypraea rostrata* (Zekeli, 1852), que nous avons récolté également dans le Santonien supérieur de Sougraigne (voir seconde partie, Carnets natures, 2020, vol. 7, p. 15-38, fig. 23).

Révision nomenclaturale :

Il convient de rectifier la taxonomie de *Cypraea rostrata* (Zekeli, 1852, p. 15-38, (**Fig. 23**) en comme suit :

Sous famille : Bernayinae Schilder, 1927

Genre : *Palaeocypraea* Schilder, 1928

Espèce-type : *Cypraeacites spiratus* Scholtheim, 1820 (par désignation originale)

Espèce : *Palaeocypraea rostrata* (Zekeli).

Remerciements : À Philippe Fauré pour ses conseils quant à la compréhension de la stratigraphie des terrains prospectés et pour son aide précieuse à la rédaction de la partie introductive. À Peter Culleton, pour la traduction anglaise du résumé.



Fig. 33 - *Palaeocypraea plicoti* nov. sp. Holotype K11672. Chemin des Cloutets, à Sougraigne.

Références

- Akopyan V.T. (1976) - Cretaceous gastropods of the Armenyan S.S.R. *Akad. Nauk Armjans. S.S.R. Doklady*, Erevan. 415 p. (en russe)
- Anderson F.M. (1958) - Upper cretaceous of the Pacific coast. *Proceedings of the California Academy of Science*, 3, 2 (1). 154 p.
- Archiac A. d' (1854) - Coupe géologique des environs de Bain de Rennes (Aude), suivie de la description de quelques fossiles de cette localité. *Bulletin de la Société Géologique de France*, Paris, (2), 11 : 185-230.
- Bandel K. & Dockery D.T. (2001) - The Sarganidae (Pyrifusoidea, Latrogastropoda), their taxonomy and paleobiogeography. *Journ. Czech. Geol. Soc.*, Phana, 46, 3-4 : 335-351.
- Bilotte M. (2007) - Permanence, au Crétacé supérieur, de la position de la limite de la plate-forme/bassin dans la zone sous-pyrénéenne orientale (Aude, France). Implications géodynamiques. *Géologie de la France*, 1 : 33-53.
- Binkhorst van den Binkhorst J.T. (1861-1862) - Monographie des gastéropodes et des céphalopodes de la craie supérieure du Limbourg Edit. Muquardt (Bruxelles) & Muller frères (Maestricht) : i-vi + 83.
- Buvignier A. (1852) - Statistique géologique, minéralogique, minéralurgique et paléontologique du département de la Meuse. Edit. Baillière, Paris. Atlas. 52 p.
- Chaix X. & Plicot J. (2018) - Les Gastéropodes du Santonien supérieur (Crétacé supérieur) des Corbières méridionales, aux environs de Sougraigne (Aude, France), (première étude). *Carnets natures*, 5 : 17-33.
<https://carnetsnatures.fr>
- Chaix X. & Plicot J. (2020) - Les Gastéropodes du Santonien supérieur (Crétacé supérieur) des Corbières méridionales, aux environs de Sougraigne (Aude, France) (deuxième étude), *Carnets natures*, 7 : 15-28.
<https://carnetsnatures.fr>
- Charles F. & Flandrin J. (1932) - Contribution à l'étude des terrains crétacés de l'Anatolie du Nord (Asie-Mineure). *Travaux du Laboratoire de Géologie de Grenoble* (16) 2 : 95-185.
- Coquand H. (1859) - Synopsis des animaux et des végétaux fossiles observés dans la formation crétacée du sud-ouest de la France. *Bulletin de la Société géologique de France*, Paris, (3)16 : 945-1023.
- Cossmann M. (1896-97) – Observations sur quelques coquilles crétaciques recueillies en France. *Association française d'avancement des Sciences* (congrès de Carthage, Tunis) : 243-269.
- Cossmann M. (1902) - Observations sur quelques coquilles crétaciques recueillies en France (5° article). *Association française d'avancement des Sciences*, Paris, 31° session (congrès de Montauban) : 539-557.
- Cossmann M. (1903) - Observations sur quelques coquilles crétaciques recueillies en France. (6° article) *Association française d'avancement des Sciences*, Paris, 32° session (congrès d'Angers) : 626-632.
- Cossmann M. (1904) – Essais de Paléoconchologie comparée, 6° livraison Edit. F.R. de Rudeval, Paris. 152 p.
- Cossmann M. (1919) - Supplément aux Mollusques éocéniques de la Loire- inférieure, *Bulletin de la Société des Sciences de la Nature de l'Ouest de la France*, (3) 5 : 53-138.
- Cox L.R. (1959) - Thoughts on the classification of the Gastropoda. *Malacological Society of London*, 33.
- Delpey G. (1938) - Gastéropodes recueillis par P. Senesse dans le Santonien supérieur des Corbières. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, 72 : 155-162.
- Delpey G. (1942) - Gastéropodes du Crétacé supérieur dans le sud-ouest de la France (Groupe I). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, 77 : 161-197.
- Delpey G. (1954) - Gastéropodes du Crétacé supérieur dans le sud-ouest de la France (Groupe II). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, 89 : 323-382.
- Dieni I. (1990) - *Brunonia annulata* (Yokoyama, 1890) - Carinariidae, Mesogastropoda, nel Cretaceo inferiore della Sardegna, *Bulletino della Società Paleontologica Italiana*. 29 (1) : 43-51.
- Fischer P. (1880 -1887) - Manuel de Conchyliologie et de Paléontologie conchyliologique. Savy édit., Paris. 1369 p.

- Fischer J.C. & Weber C. (1997) - Révision critique de la Paléontologie française, d'Alcide d'Orbigny. Masson édit., Paris. 295 p.
- Goldfuss G.A. (1826 -1844) - *Petrafacta Germaniae*. Edit. Arnz & Co. Düsseldorf : 1° partie (1826-1833). 252 p. ; 2° partie (1834-1840). 312 p. ; 3° partie (1841-1844). 128 p.
- Gray J.E. (1850) [text] in Gray M.E., *Figures of molluscous animals, selected from various authors*. Privately printed, London (4). iv + 219 p.
- Kase T. (1988) - Reinterpretation of *Brunonia annulata* (Yokoyama), as an early Cretaceous Carinariidae, Mesogastropod (Mollusca). *Journal of Paleontology*, 62 (5) : 766-771.
- Keferstein, (voir à Goldfuss G.A.)
- Kollmann H.A. (1980) - Gastropoden aus der sandkalkbank (Hochmooschichten) s beckens von Gosau. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 83 :197-313.
- Kollmann H.A. (2005). Révision critique de la Paléontologie française d'Alcide d'Orbigny. Gastéropodes crétacés. Backhuys, Leyden, Pays-Bas (éd.). 239 p.
- Kollmann H.A. (2009) - A late Cretaceous Aporrhaidae dominated gastropod assemblage from Gosau group of the Plzetzach Alm near Kramsach (Tyrol, Austria). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*. 111A : 33-72.
- Linné C. (1758) - *Systema Naturae per Regna tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis, Tomus I - Holmiae, Editio Decima, reformata*. 789 p.
- Lozuet P., Lesport J.F. & Renard P. (2001) - Révision des gastropodes (Mollusca) du stratotype de l'Aquitainien (Miocène inférieur) ; site de Saucats « Lariéy », Gironde, France. *Cossmanniana*, Fontenay-sous-Bois, Hors série.
- Meek F.B. (1876) - A report of the invertebrate Cretaceous and Tertiary fossils of the upper Missouri country. *United States Geological Survey and Territories*, Washington, 9 : xii + 1-629.
- Moore R.C. sous la direction de (1960) - *Treatise of Invertebrate Paleontology*. University of Kansas Press & Geological Society of America. New York, Part I, Mollusca I. xxiii + 351 p.
- Müller G. (1898) - Molluskenfauna des Untersenon von braunschweig und ilsede - t. I, Lamellibrachiaten und Glossophoren. Edit. Jh. Neumann (Berlin). 132 p.
- Orbigny A. d' (1842-1843) - Paléontologie française. Terrains crétacés (II) Gastéropodes. Arthus-Bertrand éd., Paris. 456 p.
- Orbigny A. d' (1850-1852) - *Prodrome de Paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés*. Edit. Masson, Paris : (1850), I et II : 394-427 ; (1850), III. 194 p.
- Pechelintsev V.F. (1963) - Mesozoic biochronology of the Crimean Highlands. *Izdat Akad. Nauk. S.S.R.*, Moskva-Leningrad. 130 p. (en russe).
- Pilsbry H.A. & Olsson A.A. (1954) - Systems of the Volutidae. *Bulletin of the American Palaeontological Ithaca*, 152. 36 p.
- Rafinesque C.S. (1815) - *Analyse de la nature, ou tableau de l'univers et des corps organisés*, Palerme. 224 p.
- Roemer F.A. (1835-1839) - *Die Versteinerungen des nord-deutschen Oolithen-Gebirges*. Hannover : (1835-1836), vol. I, 218 p., (1839), vol II, 59 p.
- Rolland du Roquand O. (1841) - Description des coquilles fossiles de la famille des rudistes qui se trouvent dans le terrain crétacé des Corbières (Aude). Imprimerie de L. Pomiès-Gardel, Carcassonne. 69 p.
- Roman F. & Mazeran P. (1920) - Monographie paléontologique de la faune du Turonien du bassin d'Uchaux et de ses dépendances. *Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon*, 12, 2 : 1-138.
- Roussel J. (1885) - Note sur le Crétacé supérieur et le Tertiaire des départements de l'Ariège et de l'Aude. *Bulletin de la Société ariégeoise des Sciences Lettres et Art* (I) : 327-337.
- Schilder F.A. (1927) - Revision der Cypraeacea (Moll. Gastr.), *Archiv für Naturgeschichte*, 91A (10). 171 p.
- Schilder F.A. (1928) - Die Cypraeacea des Daniums von Dänemark und Schonen. *Danmarks geologiske undersogelse*, 4, 2(3). 29 p.
- Schlothheim E.F. (1820 -1823) - *Die Petrafactenkunde auf ihrem jetzigen Standpunkte durch die Beschreibung seiner Sammlung versteinertes und fossilier überreste des Theirund Pflanzenreichs der Vorwelt erläutert*, Gotha Becker'schen

- buchhandlung. Lxii + 437 p., pl. 15-29 (1820) ; pl. 1-21 (1822), pl. 22-37 (1823).
- Sowerby J. de C. (1835) - The Mineral Conchology of Great-Britain ; or coloured figures and descriptions of those remains of testaceous animals and shells, which have been preserved at various times and depths in the earth - in 8°, London, vol. 5 (fin), livraison 105 (Systematical Index).
- Stoliczka F. (1865) - Eine Revision der Gastropoden der Gosauschichten in den Ostalpen. *Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Class der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, Wien, 52, 1 : 104-223.
- Thiele J. (1929 -1935) - Handbuch des systematischen weichtierekunde. Edit. Fischer, Iena. 1154 p.
- Toucas A. (1879) - Du terrain crétacé des Corbières et comparaison avec celui des autres bassins de la France et de l'Allemagne. *Bulletin de la société géologique de France*, (3) 7 : 39-88.
- Wieneke U. site www.stromboida.de
- Wolff H.G. & Schenk V. (1972) - Zur Taxonomie, Phylogenie und Paläogeographie von Ampullina (Pseudamaura) (Naticidae, Gastropoda) in der Kreide. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, Stuttgart, 142, 2 : 232-254.
- Yokoyama M. (1890) - Versteinerungen aus der japanischen Kreide. *Palaeontographica*, 36 : 159-202.
- Zekeli F. (1852) - Die Gastropoden der Gosaugebilde. *Abhandlungen der K. K. Geologischen Reichsanstalt*, Wien, 2 : 1-124.
- Zittel K.A. (1873) - Palaeontologische Studien über die Grenzschichten der Jura und Kreide Formation im Gebiete der Karpathen Alpen und Appeninen, 3° partie : die Gastropoden der Stramberger Schichten. *Pal. Mittheilung den Mus. des Koenigreiches Bayern*. Band 2.

Accepté le 2 octobre
Publié en ligne (pdf) le 3 décembre 2020

Contribution à la connaissance de la Bryoflore du Tarn. Découverte de deux Hépatiques, *Dumortiera hirsuta* (Sw.) Nees et *Jubula hutchinsiae* (Hook.) Dumort., en Montagne Noire (Tarn, France)

Alain GASTON

Résumé

Deux hépatiques (Bryophytes) sont nouvellement identifiées en Montagne Noire (Sud du Tarn, Massaguel, France). Il s'agit de *Dumortiera hirsuta* (Sw.) Nees (Dumortieraceae) et de *Jubula hutchinsiae* (Hook.) Dumort. (Jubulaceae).

Mots-clés : Hépatiques, Montagne Noire, Tarn.

Abstract

Two liverworts (Bryophytes) are newly identified in Montagne Noire (Southern Tarn, Massaguel, France). These are *Dumortiera hirsuta* (Sw.) Nees (Dumortieraceae) and *Jubula hutchinsiae* (Hook.) Dumort. (Jubulaceae), described to date.

Keywords: Liverworts, Montagne Noire, Tarn.

Introduction

La Bryoflore du département du Tarn est mal connue et les données sont anciennes. A la date de 2015, 354 taxons avaient été répertoriés (Sánchez, 2015) : Une espèce d'anthocérotes, 47 hépatiques et 306 bryophytes au sens strict (mousses).

Dumortiera hirsuta (Sw.) Nees

Dumortiera hirsuta est une **hépatique** (Dumortieraceae) à thalle vert foncé, d'aspect caoutchouteux et sans pore (**Fig. 1, 2**). C'est une hydrophile pantropicale.

Plusieurs petites stations de cette hépatique sont



Fig. 1 - *Dumortiera hirsuta* (Sw.) Nees.



Fig. 2 - Archégoniophore de (photo Myriam Driessen).



Fig. 3 - Milieu où l'espèce a été trouvée *Dumortiera hirsuta* dans la vallée du Sant.

découvertes dans la vallée du Sant (commune de Massaguel). Il s'agit à ce jour de la seule station connue dans le département du Tarn.

Prenant sa source au cœur de la Montagne Noire, près d'Arfons, le ruisseau du Sant s'écoule et s'encaisse profondément sur le versant nord de la Montagne Noire. En amont de Massaguel, son vallon prend une direction est-ouest. Son versant nord, à l'ensoleillement limité, est caractérisé par la présence de grands arbres (hêtres et châtaignier), boisement qui fait suite à d'anciennes zones exploitées par l'homme. La ripisylve est principalement occupée par des noisetiers. L'altitude moyenne est de 360 m (**Fig. 3**).

Répartition connue en France (Fig. 4) : Corrèze, Dordogne, Pays Basque, Haute Pyrénées (Muséum national d'Histoire naturelle, Inventaire National du Patrimoine Naturel), Gard (Observatoire du Patrimoine Naturel du Gard), Pyrénées-Orientales (Hugonnot *et al.*, 2017) et Aude (Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles et données personnelles). Noter que les deux stations audoises se situent dans le Lauragais, à Villemagne et à Verdun. Cette dernière se situe à 15 km à vol d'oiseau de la station du Tarn décrite ici.

***Jubula hutchinsiae* (Hook.) Dumort.**

Jubula hutchinsiae est une Hépatique (Jubulaceae) hyperocéanique, à feuilles incubes, bilobées avec le lobe dorsal très denté (**Fig. 5, 6**). Cette Hépatique a également été identifiée en

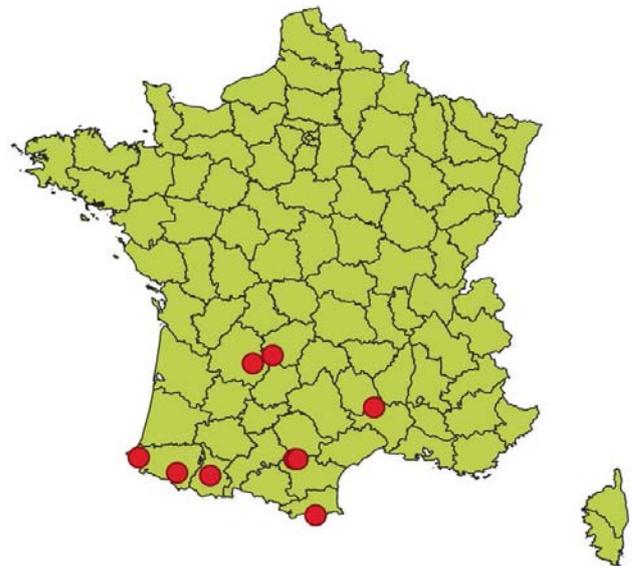


Fig. 4 - Répartition de *Dumortiera hirsuta* en France (Compilation réalisée avec QGIS. Système d'Information Géographique Libre et Open Source).

Montagne Noire, dans la forêt communale de Labruguière, sur des roches d'un bras du ruisseau de Montaud (**Fig. 7**). Le ruisseau est assez encaissé et encombré par des blocs éclaboussés en permanence. Le boisement lui apporte un ombrage permanent.



Fig. 5 - *Jubula hutchinsiae* (Hook.) Dumort. Aspect caractéristique : la tige est redressée sur un rocher vertical.



Fig. 6 – Feuille de *Jubula hutchinsiae*.

A noter qu'une station de cette hépatique avait été découverte dans le Tarn en 1894 par Crozals « aux bords des ruisseaux des environs de Massals » (herbier du Muséum départemental du Var, numéro d'inventaire 2014.0.1-518).

Répartition connue en France (Fig. 8) : Bretagne, Corse, Corrèze, Cantal, Pyrénées-Atlantiques (Hugonnot *et al.*, 2013) et Tarn.

Conclusion

Les deux espèces décrites ont été découvertes au hasard d'inventaires localisés effectués dans un cadre associatif (association ASNAT). La richesse et la variété des paysages et des milieux offerts par le département et des prospections, cette fois ciblées par milieu, permettent de prévoir la découverte de nombreux taxons nouveaux et un important enrichissement de la Bryoflore du Tarn.

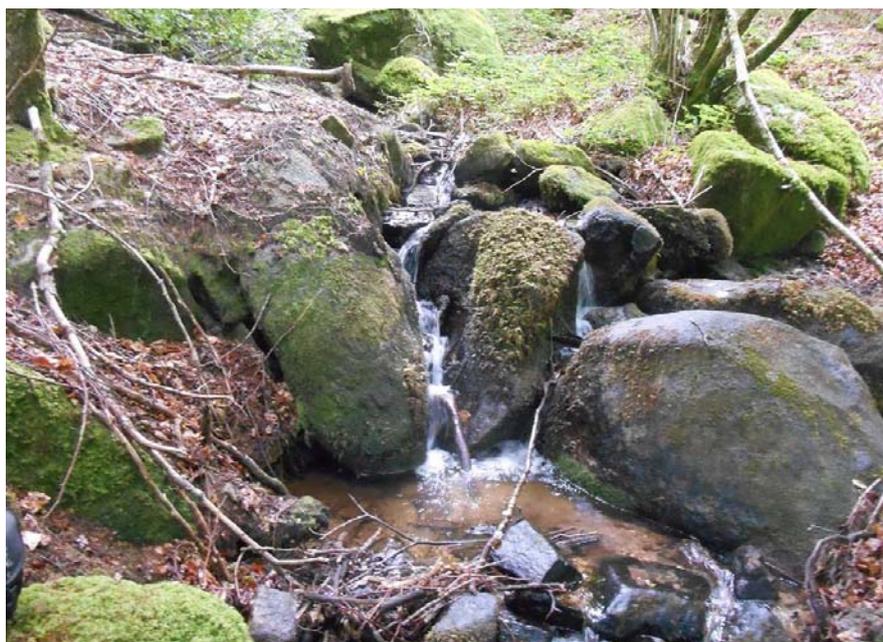


Fig. 7 - Milieu où l'espèce *Jubula hutchinsiae* a été trouvée.

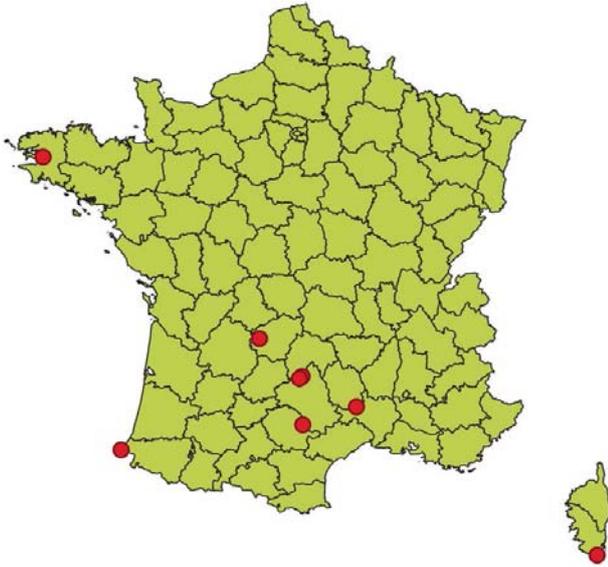


Fig. 8 - Répartition de *Jubula hutchinsiae* en France (carte réalisée avec QGIS).

Références

Hugonnot V., Celle J. & Vergne Th. (2013) - Bryophytes hyperocéaniques dans les vallons du sud-ouest du Massif Central (France). *Cryptogamie, Bryologie*, 34 (3) : 325-339.

Hugonnot V., Chavoutier L., Pépin F., & Vergne Th. (2017) - Les bryophytes des Pyrénées-Orientales. *Naturalia publications*. 464 p.

Sánchez M.I. (2015) - Catalogue des bryophytes de la région Midi-Pyrénées. http://www.fcbn.fr/sites/fcbn.fr/files/ressource_telechargeable/bryophyte_catalogue_midi-pyr_rapp_finale30062015.pdf

Smith A.J.E. (1990) - The Liverworts of Britain and Ireland. Cambridge University Press, Cambridge. 362 p.

Accepté le 3 décembre 2020

Publié en ligne (pdf) le 17 décembre 2020

