

COMPLEMENT A L'INVENTAIRE DE LA MACROFLORE DU MIOCENE SUPERIEUR DE LA DIATOMITE DE MURAT (CANTAL, MASSIF CENTRAL, FRANCE)

Addition to the inventory of the Upper Miocene macroflora from the diatomite of Murat (Cantal, Massif Central, France)

par Philippe LEGRAND (*)

(Planches I et II)

Résumé. — Le gisement de diatomite de Murat (Cantal : 02°52'50"E, 45°07'30"N), daté du Miocène final (Messinien), est connu depuis la fin du 19^{ème} siècle. Il est particulièrement riche en végétaux fossiles, et notamment en feuilles. De nouvelles prospections ont été effectuées dans ce gisement de 2002 à 2009, et ont permis notamment d'inventorier le niveau de base de la formation qui n'avait jamais été exploité. L'ensemble des nouvelles récoltes permet de décrire une vingtaine de formes fossiles, et notamment 10 espèces qui n'étaient pas connues jusqu'alors dans ce gisement : 1 Ptéridophyte, 3 Gymnospermes (avec une mention particulière pour *Pseudolarix schmidtgenii* Kräusel), 1 Angiosperme Monocotylédone et 5 Angiospermes Dicotylédones.

Le nombre total d'espèces connues du gisement de diatomite de Murat est maintenant de 83 espèces : 3 Ptéridophytes, 11 Gymnospermes, 4 Angiospermes Monocotylédones et 65 Angiospermes Dicotylédones. Ceci en fait l'un des plus riches gisements en végétaux fossiles miocènes du Massif Central.

Abstract. — *The lacustrine diatom beds located near the small town of Murat (Cantal, Central France : 02°52'50"E, 45°07'30"N) are well known since the end of the 19th century. A rich macroflora occurs in these diatom beds dated near the Mio-Pliocene boundary (Messinian). New fossil samples were collected from 2002 to 2009, particularly in the lower diatom beds at the basis of this geological level. About twenty fossil forms were newly found, particularly 10 species unknown til now in this site : 1 Pteridophyta, 3 Gymnospermae (with special emphasis on Pseudolarix schmidtgenii Kräusel) and 6 Angiospermae.*

The number of species described from the diatomite of Murat is now 83 in total : 3 Pteridophytae, 11 Gymnospermae and 69 Angiospermae. So, the diatomite of Murat is one of the richest site for Miocene flora in Central France.

Mots-clés : macroflore fossile, diatomite, Miocène supérieur, Massif Central, France

Keywords : fossil macroflora, diatomite, Upper Miocene, Massif Central, France

I. — INTRODUCTION

Le gisement de diatomite dit « de Murat » (Cantal), situé autour du point de coordonnées Lambert III : x = 642,80 ; y = 3314,00 (longitude 02°52'50"E, latitude 45°07'30"N), est connu depuis 1875 et exploité en grand depuis 1901. Il constitue une ellipse de 0,8x1,3 km, d'une épaisseur moyenne de 20 mètres ; il est recouvert de dépôts alluviaux ou périglaciaires et surtout d'une énorme accumulation de moraine de fond atteignant 25 mètres de puissance. Les exploitations ont par ailleurs rencontré trois intrusions basaltiques, dont l'une datée à 5,4 Ma, qui perturbent le fond du gisement et thermométamorphisent les diatomites. Le gisement de diatomite est donc daté du Messinien, et noté m3D sur la carte géologique (Durand et Rey, 1964 ; Goër de Hervé et Tempier, 1988).

Les espèces fossiles de la macroflore livrée par ce gisement particulièrement riche ont été précédemment

mentionnées et/ou décrites par Marty in Piton et Théobald (1935), Privé-Gill (1987), Roiron (1991) et Legrand (2003).

De nouvelles récoltes de macroflore effectuées dans la diatomite de Murat nous amènent aujourd'hui à compléter l'inventaire précédent (Legrand, 2003).

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Au cours de la période 2002-2009, nous avons poursuivi les récoltes de macroflore dans la carrière exploitée par la société CELITE, dans la continuité de notre précédent inventaire (Legrand, 2003). Par ailleurs, nous avons récolté des échantillons sur les tas de diatomite entreposés par la société CECA, qui exploite une carrière située sur le même gisement, mais à plusieurs centaines de mètres à l'Est-Sud-Est de la précédente.

(*) 15 rue Federico Garcia Lorca, F-63370 Lempdes, France ; phlegrand.lempdes@laposte.net

Au cours de la période 2004-2009, le front de taille de la carrière exploitée par la société CELITE s'est déplacé vers l'Est-Sud-Est, en direction de la chapelle Sainte-Reine. A cette occasion, le niveau de base de la formation de diatomite, qui constituait le fond (plancher) de la carrière, a été mis en exploitation ; bien que déjà connu au moins par sondages, ce niveau n'avait jamais été exploité industriellement auparavant. Nous avons donc procédé à l'inventaire de la macroflore de ce niveau (exploité surtout au cours des premières années, puis stocké en tas dans la carrière) que nous nommerons dans la suite du texte « niveau de base à Synedra ». Ce niveau ne devrait d'ailleurs plus être exploité, car trop riche en argiles.

Dans cette partie exploitée du gisement, les couches de diatomites sont réparties de la façon suivante, de la base vers le sommet :

- niveau de base à Synedra : riche en argiles, contenant principalement des diatomées Synedra, quelques diatomées Cyclotella, et quelques autres espèces de diatomées, très riche en macroflore (notamment en feuilles d'*Alnus stenophylla* Saporta & Marion), et riche en insectes fossiles ;
- niveau à diatomées Synedra principalement, très fortement varvé, très pauvre en macroflore ;
- niveau à diatomées Melosira principalement, plus ou moins riche en macroflore ;
- niveau terminal à diatomées Cyclotella principalement, plus ou moins riche en macroflore, livrant aussi des insectes.

Ces niveaux à diatomées ne peuvent être appréciés de manière sûre qu'au microscope, le faciès de terrain pouvant être identique d'un niveau à l'autre. Ainsi, ces niveaux sont matérialisés par l'exploitant sur le terrain au fur et à mesure de l'exploitation. Il faut aussi noter que cette stratigraphie est celle de la carrière CELITE exploitée au cours de cette période, mais que cette stratigraphie n'est pas retrouvée sur l'ensemble du gisement de diatomite. Ainsi, le niveau à Cyclotella s'est rétréci au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation CELITE ; il disparaît totalement dans la carrière exploitée par CECA où ne subsiste principalement que le niveau à Synedra (A. Ferrand, société CELITE, comm. pers.) ; ceci est peut-être dû à un rabotage par les glaciers, l'ensemble du gisement de diatomite étant recouvert par une moraine de fond.

Dans cet article, nous mettrons l'accent sur deux points :

- la description de formes fossiles et d'espèces qui n'avaient pas été signalées jusqu'à présent, et qui ont été récoltées dans l'ensemble du gisement de diatomite de Murat ;
- l'inventaire de la macroflore du niveau de base à Synedra ; pour les autres niveaux, les formes fossiles de macroflore récoltées mais déjà connues ne seront pas traitées de nouveau, sauf précisions particulières apportées par les nouvelles récoltes.

Les méthodes relatives à l'étude des formes fossiles et à leur détermination sont identiques à celles utilisées pour l'inventaire initial (Legrand, 2003). Nous rappelons que :

- les espèces fossiles sont nommées telles que décrites dans la littérature, et les espèces actuelles sont suivies par convention du qualificatif *fossilis* lorsque la forme fossile rencontrée semble s'identifier à une espèce vivante actuelle ;

- la nomenclature botanique retenue pour les unités de rang supérieur au genre est celle préconisée par Judd *et al.* (2002).

III. — NOUVELLES FORMES FOSSILES RÉCOLTÉES

Nous décrivons ci-dessous les nouvelles formes fossiles récoltées dans la diatomite de Murat, et apportons des précisions sur quelques formes précédemment décrites.

TRACHEOPHYTES A SPORES (PTERIDOPHYTES) Fougères leptosporangées POLYPODIACEAE s. l.

Pteridium aquilinum (Linné) Kuhn (= *Pteris aquilina* Linné)
fossilis
(Pl. I, fig. 1)

Un petit échantillon comportant deux pennes de dernier ordre incomplètes a été récolté dans le niveau à Melosira. Les pinnules mesurent jusqu'à 1 cm de long, pour environ 3,5 mm de large à la base. Cet échantillon est rapporté à la fougère aigle actuelle.

Laurent et Marty (1927) avaient déjà signalé cette espèce dans le gisement de Cheylade (Cantal), qui est en partie contemporain de celui de Murat (Roiron, 1991).

SPERMATOPHYTES NON ANGIOSPERMES (« GYMNOSPERMES ») Conifères PINACEAE

Piceoxylon sp. et/ou *Pinuxylon* sp.

Une douzaine de bois fossilisés en lignite a été récoltée dans la diatomite de Murat ; ces bois ont fait l'objet d'une étude en lames minces par C. Privé-Gill (Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris). Ces bois sont en général de conservation très médiocre. Le spécimen PL-MUR11, et sans doute le spécimen PL-MUR13, appartiennent au genre *Piceoxylon* Gothan ou au genre *Pinuxylon* Gothan, bois fossiles de Pinaceae.

Le genre *Piceoxylon* désigne les bois fossiles voisins des actuels *Picea*, *Larix* et *Pseudotsuga*. Ce sont les deux premiers genres surtout qui sont délicats à distinguer par l'anatomie du bois ; le troisième est assez différent car muni d'épaississements spiralés sur les parois des trachéides. Le genre *Pinuxylon* est utilisé pour les bois fossiles rattachés aux seuls *Pinus* actuels. Les deux genres fossiles se distinguent par l'épaisseur des parois des cellules sécrétrices des canaux sécréteurs : parois épaisses chez *Piceoxylon*, minces chez *Pinuxylon*. Dans les bois de Murat, on peut voir des canaux sécréteurs horizontaux, mais les canaux verticaux sont assez obscurs, et il est impossible de décider si les parois des cellules sécrétrices sont épaisses ou minces. On ne peut non plus distinguer les détails nécessaires tels que les diverses ponctuations des trachéides, ni la présence et donc l'aspect des trachéides horizontales des rayons. Il est donc impossible

de trancher entre *Piceoxylon* et *Pinuxylon*, et d'aboutir à une détermination spécifique (Privé-Gill, comm. pers.).

Pour ce qui concerne des bois fossiles rapportés à ces deux genres :

— *Piceoxylon mosquense* (Kraus) Schönfeld, voisin de l'actuel *Picea abies* (Linné) Karsten, a été identifié dans le Miocène supérieur de La-Bastide-du-Fau (Cantal) et dans le Pliocène volcano-sédimentaire des Monts-Dore, vers La-Tour-d'Auvergne (Puy-de-Dôme) (Privé-Gill, 1987) ;

— *Pinuxylon parryoides* (Gothan) Kräusel emend. Van der Burgh, voisin de l'actuel *Pinus pinea* Linné, a été déterminé dans divers gisements du Miocène supérieur du Cantal (Privé-Gill, 1987).

Abies sp. et/ou *Cedrus* sp.

Des ailes de graine, dépourvues de leur graine et isolées, ont été rencontrées notamment dans le niveau de base à Synedra. Elles sont à rapprocher des genres *Abies* et *Cedrus* qui sont connus dans le gisement par d'autres macrorestes.

Abies ramesi Saporta
(Pl. I, fig. 2)

Des aiguilles isolées d'*Abies ramesi* ont été précédemment signalées dans la diatomite de Murat (Roiron, 1991 ; Legrand, 2003).

Nous avons aussi récolté dans les déblais de la carrière un rameau feuillé, malheureusement de mauvaise conservation : rameau principal de 11 cm de long, comportant deux séries de rameaux opposés, le plus long atteignant une dizaine de centimètres (ramification verticillée dans un plan). Les aiguilles mesurent 17-19 mm de longueur, avec coussinet d'insertion sur le rameau bien visible.

Cedrus sp. et/ou *Picea* sp.

Des aiguilles isolées, courtes, aciculaires et à section quadrangulaire, sont rencontrées de manière dispersée dans la diatomite de Murat. Ces aiguilles sont à rapprocher des genres *Cedrus* et *Picea* qui sont connus dans le gisement par d'autres macrorestes.

Pinus sp. 2
(Pl. I, fig. 7 et 8)

Nous avons précédemment décrit et figuré une graine de *Pinus* sp. (Legrand, 2003 ; planche V, figure 12) ; nous avons depuis récolté de nombreuses graines identiques en taille, dont de nombreuses graines microspermes, qui mesurent un total d'environ 1,5 cm de longueur de la pointe de la graine à l'extrémité de l'aile. Nous nommerons désormais ces graines « *Pinus* sp. 1 ».

Par ailleurs, nous avons récolté trois graines microspermes du même genre botanique, mesurant au total 2,5-2,8 cm de longueur, avec une aile de 5-6 mm de large ; ces graines beaucoup plus grandes appartiennent très certainement à une espèce distincte, et nous les nommerons « *Pinus* sp. 2 ». L'une de ces graines provient du niveau de base à Synedra, les deux autres des déblais de la carrière.

Par comparaison avec les espèces actuelles, on pourrait rapprocher les graines de *Pinus* sp. 1 de *Pinus sylvestris* Linné, et les graines de *Pinus* sp. 2 du groupe du *Pinus nigra* Arnold.

Pinus sp.
(Pl. I, fig. 23)

Un cône femelle de mauvaise conservation, mesurant 3,5 cm de hauteur pour 2,5 cm de largeur a été récolté dans les déblais de la carrière.

Pinus sp.
(Pl. I, fig. 11)

Un rameau feuillé, de mauvaise conservation, a été récolté dans le niveau de base à Synedra. Il correspond probablement à l'extrémité d'un rameau en cours d'élongation, et porte des aiguilles longues d'au moins 4,3 cm ; en raison du piètre état de conservation, il est impossible de préciser le nombre d'aiguilles par faisceau.

Pinus sp.
(Pl. I, fig. 9 et 10)

Deux aiguilles isolées ont été récoltées dans le niveau de base à Synedra, l'une de 4,4 cm de long, l'autre de 5,5 cm.

Pseudolarix schmidtgenii Kräusel
Synonyme : *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehder *fossilis*
(Pl. I, fig. 3, 4, 5 et 6)

Une douzaine de graines ailées à la forme typique et identique à l'espèce actuelle ont été récoltées principalement dans le niveau de base à Synedra, quelques-unes se trouvant dans les déblais de la carrière. Longueur totale (de la pointe de la graine à l'extrémité de l'aile) 2,7-2,8 cm ; largeur de l'aile 7-8 mm, la loge de la graine faisant environ 5x3,5 mm.

Florschütz (1925) a été le premier à reconnaître des macrorestes fossiles pliocènes de ce genre en Europe, qu'il a rapportés à la seule espèce actuelle qui vit en Chine : *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehder (anciennement *P. kaempferi* [Ldl.] Gordon). Ensuite, Hickel (1932) a décrit des écailles de cône et une graine ailée dans le Pliocène d'Alsace (France), qu'il a aussi rapprochées de l'espèce actuelle. Enfin, Kräusel (1938) a décrit des graines ailées miocènes comme holotype de *Pseudolarix schmidtgenii*, d'une morphologie tout à fait identique à l'espèce actuelle.

A la suite, plusieurs auteurs ont signalé d'autres macrorestes (graines ailées et écailles de cônes) dans le Mio-Pliocène d'Europe, qui ne diffèrent pas morphologiquement de l'espèce actuelle. Ces macrorestes ont été rapportés à l'espèce fossile de Kräusel et/ou à l'espèce actuelle ; on peut citer notamment : Mädler (1939), Martinetto (2001 ; avec, géologiquement parlant, les derniers macrorestes fossiles datés du Pliocène terminal au Pléistocène inférieur, avant la disparition de ce genre botanique d'Europe), Kunzmann et Mai (2005), Kvacek et Teodoridis (2007).

La distribution des fossiles de *Pseudolarix* dans l'hémisphère Nord au cours des temps géologiques a été compilée par Manchester *et al.* (2009) et surtout par LePage

et Basinger (1995). Ces derniers indiquent que, parmi tous les fossiles du genre en Amérique du Nord et Eurasie (et qui ont reçu divers noms selon leur provenance géographique ou géologique), seules deux espèces peuvent être distinguées sur la morphologie de la bractée de l'écaille du cône : une espèce secondaire représentant une lignée éteinte d'ampleur limitée *P. wehrii* Gooch, et une espèce principale très stable morphologiquement tout au long de son évolution et tout à fait similaire à l'espèce actuelle *P. amabilis* ; ils déclarent ainsi que rien ne justifie de distinguer ces restes fossiles comme une espèce différente de l'espèce actuelle.

Les pollens de *Pseudolarix* peuvent être confondus avec ceux du genre *Pinus* (Ferguson, 1967), et nous ne retiendrons donc comme mention en France que celle de Zanni et Ravazzi (2007), basée sur de nouvelles investigations permettant de les différencier ; ces auteurs établissent ainsi la présence de pollens de *Pseudolarix* dans des sédiments lacustres âgés d'environ 3 Ma à La Gratade (massif des Monts Dore, Massif Central).

En dehors des pollens, le genre *Pseudolarix* n'a, à notre connaissance, été signalé en France que dans le Pliocène d'Alsace, sous la forme d'écailles de cônes et de graines ailées (Hickel, 1932 ; Geissert, 2005) ; les graines récoltées à Murat sont donc les plus anciens macrorestes connus en France.

Tsuga europaea Menzel

(Pl. I, fig. 12 et 13)

Un rameau feuillé, comportant trois ramifications apparemment non verticillées, et un cône en position terminale d'un rameau, a été récolté dans le niveau à Melosira. Seul le cône est bien conservé, une grande partie de la matière organique des axes et feuilles ayant malheureusement disparu de l'empreinte et de la contre-empreinte. Les aiguilles sont aplaties avec nervure centrale bien marquée, de 11-18 mm de long sur 2-2,5 mm de large, à extrémité apparemment arrondie sur les empreintes ; leur insertion sur le rameau est très peu visible mais semble se faire par un court pédicelle. Le cône femelle mesure 2,4 cm de long sur 1,2 cm de large ; il est inséré à l'extrémité d'un rameau court d'environ 12 mm ; les écailles du cône sont arrondies et les bractées non visibles. Ce fossile (détermination L. Kunzmann) est rapporté à *Tsuga europaea* Menzel.

Les espèces actuelles du genre *Tsuga* habitent l'Amérique du Nord et l'Asie (Debazac, 1964 ; Gaussen, 1966), mais ce genre est connu en Europe depuis le Crétacé supérieur jusqu'au Pléistocène (Ferguson, 1967). En dehors des pollens, différentes formes fossiles de *Tsuga* ont été décrites en Europe, notamment *Tsuga europaea* Menzel qui est un cône du Mio-Pliocène (Gaussen, 1966, 1967 ; Kunzmann et Mai, 2005) ; des feuilles ont aussi été rattachées à cette espèce (Mädler, 1939).

Le cône récolté dans la diatomite de Murat est d'une taille assez proche de celle de l'holotype et d'autres spécimens rapportés à cette espèce (Kunzmann et Mai, 2005), bien qu'il s'agisse très probablement d'un cône immature puisqu'attaché à son rameau, les cônes de *Tsuga* étant caducs à maturité (Kunzmann, comm. pers.).

A noter que des pollens de *Tsuga* avaient déjà été signalés dans la diatomite de Murat (Durand et Rey, 1964).

ANGIOSPERMES

Graines indéterminées

(Pl. I, fig. 14)

Des graines isolées ou en amas, de forme arrondie ou légèrement ovale, et de 1 à 1,5 mm de diamètre sont très nombreuses dans le niveau de base à Synedra. Il est possible que la forme fossile que nous avons précédemment rapportée avec doute à une inflorescence de *Vitis* sp. ? (Legrand, 2003 ; planche X, figure 7) soit en fait à rapprocher de ces graines indéterminées ; dans les deux cas, la fossilisation ne permet pas une détermination plus précise.

Monocotylées

ALISMATALES

POTAMOGETONACEAE

Potamogeton crispus Linné fossilis

(Pl. I, fig. 18 et Pl. II, fig. 3)

Nous avons précédemment décrit une feuille entière ovale oblongue rapportée au genre *Potamogeton* (Legrand, 2003, p. 30 et pl. V fig. 14). Nous avons trouvé d'autres spécimens fossiles différents que nous rapportons à l'actuel *Potamogeton crispus* L., à feuilles toutes submergées, largement répandu sur le globe (Coste, 1937). Ces tiges feuillées ont été récoltées dans le niveau de base à Synedra, et sont souvent de mauvaise conservation.

Tiges rameuses comprimées larges de 1 à 2 mm. Feuilles sessiles, longueur 3-4,5 cm, largeur 7-8 mm ; nervures parallèles longitudinales : une nervure principale centrale souvent bien marquée, et deux nervures de chaque côté de la nervure principale ; entre ces nervures parallèles, présence de nervures secondaires formant des échelons obliques entre les nervures parallèles, bien visibles sur l'un des spécimens récoltés.

Teodoridis (2007) a passé en revue un certain nombre de formes fossiles de *Potamogeton*, qui sont d'une manière générale assez rares dans le Tertiaire. Laurent et Marty (1923) avaient par ailleurs souligné qu'il est délicat d'aboutir à une spécification des feuilles fossiles de *Potamogeton*.

« Complexe des magnoliidées »

LAURALES

LAURACEAE

Sassafras ferrettianum Massalonga

(Pl. II, fig. 1)

Nous avons précédemment figuré une feuille entière provenant de la diatomite de Murat (Legrand, 2003 ; planche IX, figure 11).

Nous avons depuis trouvé deux feuilles trilobées et tout à fait caractéristiques de l'espèce, l'une dans le niveau à Cyclotella, l'autre dans les déblais de la carrière.

Tricolpées (dicotylées vraies)

PROTEALES et autres « Tricolpées primitives »
PLATANACEAE

Platanus aceroides Goeppert
(Pl. I, fig. 19)

Une feuille incomplète (la base manque) récoltée dans le niveau de base à Synedra ; les 3 lobes supérieurs sont conservés, au moins en partie. Nervation principale visible, des nervures latérales aboutissant au niveau de grosses dents peu nombreuses et peu prononcées du bord du limbe. En l'absence d'éléments particulièrement discriminants, mais en raison de la présence de grosses dents sur le bord du limbe du lobe terminal (le seul bien conservé), nous préférons attribuer cette feuille de Murat aux platanes avec doute plutôt qu'aux érables (genre *Acer*).

Platanus aceroides est une forme fossile polymorphe qui regroupe les caractères de divers platanes actuels (Laurent, 1908 ; Depape, 1922) et signalée par Laurent (1908) dans le gisement de Niac (Cantal), daté du Tortonien et donc à peine plus ancien que Murat (Roiron, 1991). Pour les espèces actuelles, il faut d'ailleurs remarquer l'extraordinaire polymorphie foliaire, ainsi que la présence d'hybrides, ce qui entraîne des difficultés importantes voire l'impossibilité d'une détermination spécifique sur les seuls caractères foliaires (Jovet et Kerguelen, 1990).

SAXIFRAGALES
HALORAGIDACEAE

Myriophyllum sp.
(Pl. II, fig. 9 et 10)

Tiges feuillées immergées récoltées dans le niveau de base à Synedra, avec des feuilles atteignant au moins 2,5 cm de longueur.

Forme fossile proche des différentes espèces actuelles du genre *Myriophyllum*, déjà signalé dans la diatomite de Murat par Marty (in Piton et Théobald, 1935), mais que nous n'avons pas retrouvé précédemment.

SANTALALES
VISCACEAE

Viscophyllum pliocaenicum (Engelhardt) Mädlar
(Pl. I, fig. 17 et 22)

Feuilles entières linéaires-rubanées, de 2,6-6 cm de long et 6-8 mm de large, à sommet arrondi et base tronquée, comportant 3-5 nervures principales plus ou moins parallèles bien visibles, avec nervures secondaires peu visibles.

Mädlar (1939), après étude des cuticules, a attribué aux Viscaceae, sous le nom *Viscophyllum pliocaenicum*, des feuilles de 1,4-4,6 cm de long et 1,5-4 mm de large, précédemment rapportées au genre *Potamogeton* (Potamogetonaceae). En France, cette espèce a été identifiée dans le Pliocène d'Alsace, sous la forme de feuilles de 2,1-3,5 cm de long et 5-8 mm de large (Kvacek *et al.*, 2008). Bien que les feuilles de Murat soient d'une dimension supérieure à celles précédemment décrites, et en l'absence d'une étude des

cuticules permettant de confirmer cette attribution, nous les rapportons à l'espèce fossile *Viscophyllum pliocaenicum*.

MALPIGHIALES
SALICACEAE

Populus nigra Linné *fossilis*
(Pl. I, fig. 21)

Deux chatons lâches associés à une grande feuille repliée en deux (hauteur du limbe supérieure à 12 cm ; demi-largeur de 5 cm) ont été récoltés dans le niveau de base à Synedra. Ces chatons mesurent environ 2,5 cm de longueur, plus un pédoncule d'au moins 1 cm.

FABALES
FABACEAE (= LEGUMINOSAE)
Fabaceae : fruit
(Pl. I, fig. 20)

Une gousse de Légumineuse a été récoltée dans le niveau à Cyclotella. Elle mesure 7 mm de largeur pour 8 cm de longueur (une petite partie d'une extrémité manque) ; elle contient 5 ou 6 graines visibles par transparence, ovales, d'une dimension de 5-7x2-4 mm (étant donné la fossilisation, il est difficile de dire si la plus grosse graine est unique ou si deux graines sont superposées).

Pour mémoire, des feuilles de *Cercis* sp. aff. *Cercis siliquastrum* Linné *fossilis* étaient les seuls restes de Légumineuses signalés jusqu'à présent dans la diatomite de Murat (Legrand, 2003).

ROSALES
ROSACEAE

cf. *Photinia* sp.
(Pl. II, fig. 4)

Une feuille récoltée dans le niveau de base à Synedra présente un pétiole de 1,7 cm de long, et un limbe de 5,5 cm de hauteur, 2,1 cm de largeur, en coin à la base, acuminé au sommet, bordé de petites dents dirigées vers le haut, surtout dans la moitié supérieure du limbe.

Nous rapportons cette feuille au genre *Photinia* avec réserves, genre déjà signalé par Roiron (1991) dans la diatomite de Murat. Il faut en effet noter que les feuilles des Rosacées présentent à la fois des caractères communs aux différents genres et une grande variabilité dans le genre ; ceci rend difficile la comparaison et l'attribution des feuilles fossiles à un genre vivant ou à une forme fossile déjà décrite (Laurent, 1904-1905).

Prunus pereger Unger
(Pl. II, fig. 2)

Une feuille au pétiole incomplet, avec un limbe de 8,3 cm de haut pour 5 cm environ de large, récoltée dans le niveau de base à Synedra, est conforme au spécimen figuré et décrit par Laurent (1904-1905), provenant des cinérites du Pas-de-la-Mougudo (Cantal), gisement en partie contemporain de celui de Murat (Roiron, 1991).

Cette forme fossile est proche de différentes espèces actuelles de *Prunus* d'Amérique, d'Europe et d'Asie ; la feuille est plus particulièrement proche de celle de l'actuel merisier *Prunus avium* L., mais ne possède pas les deux glandes situées sur le pétiole à la base du limbe (Laurent, 1904-1905).

FAGALES BETULACEAE

Alnus sp.
(Pl. I, fig. 15)

Chatons mâles récoltés dans le niveau de base à Synedra, d'une longueur de 1,7-2,5 cm, pour une largeur de 4-5 mm.

Betula sp.
(Pl. I, fig. 16)

Graines ailées de petite taille (environ 4 ou 5 mm de diamètre, aile comprise), récoltées dans le niveau de base à Synedra.

SAPINDALES SAPINDACEAE (y compris ACERACEAE)

Acer pseudoplatanus Linné *fossilis*
(Pl. II, fig. 6 et 7)

Une dizaine de feuilles typiques à cinq lobes dentés, proches de l'érable sycomore actuel, récoltées dans le niveau de base à Synedra ; hauteur du limbe 8-12 cm, largeur 10,5-15 cm ; pétiole pouvant atteindre une longueur supérieure ou égale à 8 cm.

Acer tricuspidatum Bronn = *Acer trilobatum* Al. Braun
(Pl. II, fig. 5)

Une feuille incomplète (la base manque) a été récoltée dans le niveau de base à Synedra. Elle est constituée de 3 lobes séparés par des sinus aigus. Malgré la base manquante, nous rapprochons cette feuille de l'*Acer tricuspidatum*, déjà signalé à Murat par Roiron (1991). Comme indiqué par Brice (1965), le bord du limbe est finement denté (petites dents inégales, aiguës, dirigées vers l'avant sur notre spécimen). Cette espèce est aussi donnée comme polymorphe (Brice, 1965 ; Roiron, 1991).

CORNALES CORNACEAE

Cornus sanguinea Linné *fossilis*
(Pl. II, fig. 8)

Une feuille incomplète (le haut manque) mais suffisamment typique a été récoltée dans le niveau de base à Synedra ; sa demi-largeur est de 2 cm, et la longueur du limbe est estimée à 7 cm ; 4 paires de nervures secondaires sont visibles : les trois premières s'insèrent sur la nervure médiane dans la moitié inférieure du limbe, et la dernière paire, très écartée des précédentes, s'insère dans la moitié supérieure.

Cette feuille est rapportée au cornouiller sanguin actuel. Chez le cornouiller mâle (*Cornus mas* Linné), toutes les

nervures secondaires sont situées dans la partie inférieure de la feuille, avec un espacement régulier entre paires, et manquent totalement dans la moitié supérieure (Laurent, 1908). L'espèce fossile *Cornus distans* N. Boulay possède un nombre de nervures secondaires plus important (Grangeon, 1956).

AQUIFOLIALES AQUIFOLIACEAE

Ilex geissertii Kvacek, Teodoridis & Wang

Roiron (1991) avait rapproché des feuilles de houx de la diatomite de Murat de l'actuelle espèce chinoise *Ilex cornuta* Lindl. & Paxt., tandis que d'autres feuilles semblaient se rapprocher aussi de l'actuelle espèce européenne *Ilex aquifolium* L. (Legrand, 2003).

Par ailleurs, la forme fossile *Ilex boulei* Saporta avait été décrite par Laurent (1904-1905, 1908), dans le Mio-Pliocène du Cantal, comme une variété d'*I. aquifolium* portant un champignon parasite observé sur des *Ilex* chinois. Legrand (2003) avait donc suggéré d'utiliser la dénomination *Ilex boulei* pour les houx fossiles mio-pliocènes voisins d'*I. aquifolium* mais pouvant aussi recouvrir d'autres espèces euro-asiatiques.

Tout récemment, Kvacek *et al.* (2009) ont décrit une nouvelle forme fossile, *Ilex geissertii*, à partir de matériel fossile mio-pliocène précédemment attribué à *I. cornuta* et à *I. aquifolium*. Ils ont de plus figuré et rattaché à cette espèce des feuilles provenant de la diatomite de Murat.

Nous substituons donc cette nouvelle espèce *Ilex geissertii* aux anciennes dénominations (*Ilex boulei* et *Ilex* sp. aff. *I. cornuta*).

APIALES APIACEAE (= UMBELLIFERAE ; y compris ARALIACEAE)

Hedera helix Linné *fossilis*

Nous avons signalé précédemment dans la diatomite de Murat la présence d'une feuille de lierre, entière, à la morphologie des feuilles de rameau florifère de lumière (Legrand, 2003). Nous avons retrouvé plusieurs feuilles identiques dans le gisement de diatomite, ainsi que deux feuilles arrondies et une feuille triangulaire, toutes présentant des amorces de lobes, dans le niveau de base à Synedra.

IV. — MISE À JOUR DE L'INVENTAIRE DE LA MACROFLORE

Dans le tableau I, nous donnons :

- d'une part, l'inventaire des formes fossiles rencontrées dans le niveau de base à Synedra, avec le nombre d'échantillons récoltés pour chaque forme fossile ; ce nombre est uniquement indicatif ; en effet, de nombreux fragments plus ou moins identifiables n'ont pas été récoltés lorsqu'il s'agissait de formes fossiles déjà connues ;

- d'autre part, la liste complète des formes fossiles rencontrées jusqu'à présent dans le gisement de diatomite de Murat, avec la référence bibliographique des mentions (citation seule des espèces ou citation avec illustration).

Si l'on compare l'inventaire du niveau de base à Synedra avec l'inventaire précédent (Legrand, 2003), on constate que certains taxons sont absents du niveau de base, d'autres du niveau supérieur. Il est difficile de dire s'il s'agit d'une véritable absence ou d'un manque de fossilisation, les récoltes effectuées (et soumises à l'avancement d'une carrière en exploitation) ayant montré que la présence de végétaux n'est pas homogène au sein d'un même niveau. Par ailleurs, en paléontologie « l'absence de preuve ne vaut pas preuve d'absence », et il apparaît par conséquent hasardeux, avec les données actuelles, de rechercher une évolution de la macroflore pendant la durée de formation du gisement (estimée à 50000 ans par Fournier, 1965) et liée par exemple à des modifications environnementales. En effet, une telle discussion devrait impérativement prendre en compte la paléopalynologie. Or les données palynologiques restent très fragmentaires sur le gisement de Murat (bibliographie in Legrand, 2003), et aucune étude niveau par niveau n'y a été menée ; ces données seront de plus maintenant très difficiles à établir en raison de l'avancement de l'exploitation du gisement et de la disparition de certains niveaux.

V. — CONCLUSIONS

Le « niveau de base à Synedra » qui constitue la base du gisement de diatomite apparaît très riche à la fois en nombre de fossiles qu'il renferme et en nombre d'espèces, puisqu'il a livré 67 formes fossiles différentes, représentant un total de 52 espèces : 6 Gymnospermes, 2 Angiospermes Monocotylédones et 44 Angiospermes Dicotylédones.

La description d'une vingtaine de nouvelles formes fossiles récoltées dans l'ensemble du gisement de diatomite de Murat nous permet d'ajouter 10 nouvelles espèces à la flore du gisement : 1 Ptéridophyte, 3 Gymnospermes, 1 Angiosperme Monocotylédone et 5 Angiospermes Dicotylédones. Parmi celles-ci, les graines de *Pseudolarix*

schmidtgenii Krausel, espèce fossile similaire à l'actuel *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehder de Chine, apparaissent comme un élément remarquable.

L'inventaire de la macroflore fossile de la diatomite de Murat est donc maintenant au total de 83 espèces : 3 Ptéridophytes, 11 Gymnospermes (dont 1 bois fossile), 4 Angiospermes Monocotylédones (en comptabilisant deux espèces fossiles de *Bambusa*) et 65 Angiospermes Dicotylédones (dont 1 bois fossile, et en comptabilisant deux espèces de *Carpinus*, l'espèce de forme *C. suborientalis* Saporta recouvrant les deux espèces *C. orientalis* Miller *fossilis* et *C. betulus* Linné *fossilis*). Avec l'abondance des spécimens récoltés, ceci en fait sans nul doute l'un des plus riches gisements en végétaux fossiles miocènes du Massif Central.

Remerciements. — Nous remercions tout particulièrement Mme Catherine Privé-Gill (Paléobiodiversité et Paléoenvironnements, Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris) pour l'étude des bois fossiles, M. Lutz Kunzmann (Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie, Dresden, Allemagne) et M. Aljos Farjon (Royal Botanic Gardens, Kew, Royaume-Uni) pour les échanges d'informations sur les conifères fossiles et les déterminations de *Pseudolarix* et *Tsuga*, ainsi que M. James F. Basinger (University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada) et M. David K. Ferguson (Institut für Paläontologie, Université de Vienne, Autriche) pour leur aide bibliographique. Nous remercions enfin Melle Denise Brice (Société géologique du Nord) et M. Paul Roiron (Institut de Botanique, Université de Montpellier) pour la relecture et l'amélioration du manuscrit.

Nous remercions vivement les sociétés CELITE et CECA qui nous ont accordé les autorisations de prospection et de récolte sur le gisement en exploitation et plus particulièrement M. Yves Aufauvre et M. Pierre Bila, directeurs successifs de CELITE, M. Alain Ferrand, responsable de l'exploitation CELITE, qui nous a toujours accueilli très cordialement et fait partager sa connaissance du gisement, et M. Henri David, directeur de CECA.

Nous remercions aussi Mme Nathalie Peynon-Legrand pour son aide lors des récoltes.

Formes fossiles récoltées	Diatomite de Murat Références bibliographiques	Niveau de base à Synedra Nombre de fossiles récoltés
Ptéridophytes		
<i>Asplenium viride</i> Huds. <i>fossilis</i> (penné avec pinnules)	4	
<i>Equisetum</i> sp. aff. <i>E. fluviatile</i> L. <i>fossilis</i> (tige)	4	
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn <i>fossilis</i> (penné avec pinnules)	5	
Gymnospermes		
<i>Abies</i> sp. ? ou <i>Cedrus</i> sp. ? (base de cône)	4	
<i>Abies</i> sp. et/ou <i>Cedrus</i> sp. (aile de graine)	5	8
<i>Abies ramesi</i> Saporta (graine, aile de graine)	3	
<i>Abies ramesi</i> Saporta (aiguille isolée)	3, 4	
<i>Abies ramesi</i> Saporta (rameau feuillé)	5	
<i>Cedrus</i> sp. et/ou <i>Picea</i> sp. (aiguilles)	4, 5	+
<i>Cedroxylon</i> sp. Kraus (bois)	2	
<i>Cedrus miocenica</i> Lauby (graine ailée)	4	1
<i>Cedrus miocenica</i> Lauby (écaille de cône femelle)	4	
<i>Cedrus miocenica</i> Lauby (chaton mâle)	4	2
<i>Cedrus miocenica</i> Lauby (rameau défeuillé)	4	
<i>Glyptostrobus europaeus</i> (Brongniart) Heer (rameau feuillé)	3	
<i>Juniperus</i> sp. section <i>sabina</i> (rameau)	4	4
<i>Picea</i> sp. (graine ailée)	3, 4	15
<i>Picea</i> sp. (cône femelle)	3, 4	1
<i>Picea</i> sp. (aiguille)	3	
<i>Piceoxylon</i> sp. et/ou <i>Pinuxylon</i> sp. (bois)	5	
<i>Pinus</i> sp. 1 aff. <i>P. sylvestris</i> L. <i>fossilis</i> (graine ailée)	3, 4, 5	23
<i>Pinus</i> sp. 2 aff. <i>P. nigra</i> Arn. <i>fossilis</i> (graine ailée)	5	1
<i>Pinus</i> sp. (cône femelle)	5	
<i>Pinus</i> sp. (rameau feuillé)	5	1
<i>Pinus</i> sp. (aiguille isolée)	5	2
<i>Pseudolarix schmidtgenii</i> Kräusel (= <i>P. amabilis</i> [J. Nelson] Redher <i>fossilis</i>) (graine ailée)	5	9

Formes fossiles récoltées	Diatomite de Murat Références bibliographiques	Niveau de base à Synedra Nombre de fossiles récoltés
<i>Sequoia langsdorffii</i> (Brongniart) Heer (rameau feuillé)	3	
<i>Tsuga europaea</i> Menzel (rameau feuillé avec cône femelle)	5	
Angiospermes		
Graines indéterminées, isolées ou en amas	5	15
Angiospermes Monocotylédones		
Monocotylédones (feuilles)	3, 4	nb
<i>Bambusa</i> sp. (feuille)	3	
<i>Bambusa lugdunensis</i> Saporta & Marion (feuille)	4	7
<i>Potamogeton</i> sp. (feuille ovale-oblongue)	4	
<i>Potamogeton crispus</i> L. <i>fossilis</i> (tige feuillée submergée)	5	5
Angiospermes Dicotylédones		
<i>Acer</i> sp. (samare)	3, 4	3
<i>Acer decipiens</i> Al. Braun (feuille)	4	3
<i>Acer laetum pliocenicum</i> Saporta & Marion = <i>Acer integerrimum</i> (Viv.) Mass. (feuille)	1, 3, 4	15
<i>Acer opalus</i> Mill. (= <i>Acer opulifolium</i> Vill.) <i>fossilis</i> (feuille)	3	
<i>Acer palmatum</i> Thunberg <i>fossilis</i> = <i>Acer sanctae-crucis</i> Stur (feuille)	3, 4	5
<i>Acer platanoides</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4	
<i>Acer pseudocampestre</i> Unger = <i>Acer campestre</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4	
<i>Acer pseudoplatanus</i> L. <i>fossilis</i>	5	10
<i>Acer tricuspidatum</i> Bronn (= <i>Acer trilobatum</i> Al. Br.) (feuille)	3, 5	1
<i>Alnus</i> sp. (strobile femelle)	3, 4	13
<i>Alnus</i> sp. (chaton mâle)	5	4
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4	
<i>Alnus kefersteinii</i> Unger (feuille)	3, 4	2+1?
<i>Alnus stenophylla</i> Saporta & Marion = <i>Alnus hoernesii</i> Stur (feuille)	1, 3, 4	nb
<i>Alnus viridis</i> D.C. <i>fossilis</i> (feuille)	3	
<i>Berberis</i> sp. cf. <i>B. regeliana</i> Koehne <i>fossilis</i> (feuille)	3,4	2
<i>Betula</i> sp. (écaille de chaton femelle)	3	
<i>Betula</i> sp. (graine ailée)	5	8
<i>Betula macrophylla</i> (Goeppert) Heer (feuille)	3, 4	8
<i>Betula subpubescens</i> Goeppert (feuille)	4	7
<i>Buettneria tiliaefolia</i> (Al. Braun) Depape (feuille)	4	
<i>Carpinus betulus</i> L. <i>fossilis</i> (fruit avec involucre)	3, 4	1
<i>Carpinus orientalis</i> Mill. <i>fossilis</i> (fruit avec involucre)	3, 4	3
<i>Carpinus suborientalis</i> Saporta (feuille)	3, 4	7
<i>Carya minor</i> Saporta & Marion (feuille ; foliole)	3, 4	1
<i>Cedrela</i> sp. (graine)	4	
<i>Cedrela</i> sp. (feuille)	3	
<i>Celtis australis</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4	2
<i>Ceratophyllum demersum</i> L. <i>fossilis</i> (tige feuillée)	3, 4	1
<i>Cercis</i> aff. <i>Cercis siliquastrum</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	4	1
<i>Cornus sanguinea</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	5	1
<i>Corylus avellana</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	4	8
<i>Crataegus</i> sp. série Crus-Galli et Punctata (feuille)	4	1
<i>Crataegus</i> sp. cf. <i>C. douglasii</i> Lindl. <i>fossilis</i> (feuille)	3	1 ?
<i>Dombeyopsis lobata</i> Unger (feuille)	3, 4	
Fabaceae (fruit : gousse de Légumineuse)	5	
<i>Fagus pliocenica</i> Saporta (feuille)	4	
<i>Fraxinus</i> sp. (feuille)	4	
<i>Hedera helix</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4, 5	8
<i>Ilex geissertii</i> Kvacek, Teodoridis & Wang (feuille ; rameau avec feuilles et fruits)	3, 4, 5	2
<i>Juglans regia</i> L. <i>fossilis</i> (foliole)	1, 3, 4	13
<i>Laurus azorica</i> (Seub.) J. Franco <i>fossilis</i> (feuille)	4	2+2 ?
<i>Myrica</i> sp. (feuille)	4	1
<i>Myriophyllum</i> sp. (tiges feuillées)	1, 5	10
<i>Persea indica</i> Spr. <i>fossilis</i> (feuille)	4	1 ?
<i>Phellodendron</i> sp. cf. <i>P. amurense</i> Rupr. <i>fossilis</i> (feuille)	3	
Cf. <i>Photinia</i> sp. (feuille)	3, 5	1
<i>Platanus aceroides</i> Goeppert (feuille)	5	1
<i>Populus alba</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	4	
<i>Populus x canescens</i> (Ait.) Sm. <i>fossilis</i> (feuille)	4	1
<i>Populus nigra</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	4, 5	1
<i>Populus nigra</i> L. <i>fossilis</i> (chaton)	5	2
<i>Populus tremula</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4	7
<i>Prunus acuminata</i> Al. Br. (feuille)	3	
<i>Prunus microdonta</i> N. Boulay (feuille)	4	3+2 ?
<i>Prunus peregrin</i> Unger (feuille)	5	1
<i>Pterocarya denticulata</i> Heer (foliole)	4	
<i>Quercocylon böckhianum</i> (Felix) Müller-Stoll & Mädel (bois)	2	
<i>Quercus hispanica</i> Rérolle (feuille)	1, 3, 4	2
<i>Quercus kubinyi</i> (Kov.) Berger (= <i>Castanea kubinyi</i> Kov.) (feuille)	3	
<i>Quercus</i> sp. cf. <i>Quercus macranthera</i> Fisch. & Mey. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4	
<i>Rosa</i> sp. cf. <i>Rosa californica</i> Cham. & Schlecht. <i>fossilis</i> (foliole)	3, 4	
<i>Salix</i> sp. à feuilles étroites (feuille)	4	1
<i>Sapindus falcifolius</i> Al. Braun (foliole)	4	1
<i>Sassafras ferrettianum</i> Massalongo (feuille entière, feuille trilobée)	4, 5	

Formes fossiles récoltées	Diatomite de Murat Références bibliographiques	Niveau de base à Synedra Nombre de fossiles récoltés
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz <i>fossilis</i> (feuille)	4	3
<i>Tilia</i> sp. (bractée florale)	3, 4	
<i>Tilia tomentosa</i> Moench. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4	
<i>Ulmus</i> sp. (samare)	3, 4	1
<i>Ulmus braunii</i> Heer (feuille)	1, 3, 4	10
<i>Ulmus</i> sp. cf. <i>Ulmus fulva</i> Michx. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4	2
<i>Viscophyllum pliocenicum</i> (Engelh.) Mädlar	5	2
<i>Vitis</i> sp. ? (inflorescence)	4	
<i>Vitis praevinifera</i> Sap. (feuille)	4	
<i>Vitis vivariensis</i> N. Boulay aff. <i>Vitis vinifera</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	4	1
<i>Zelkova ungeri</i> Kovats aff. <i>Z. carpinifolia</i> (Pall.) K. Koch <i>fossilis</i> (feuille)	1, 3, 4	1
<i>Zelkova ungeri</i> Kovats aff. <i>Z. serrata</i> (Thunb.) Mak. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4	1

Tabl. I. — Inventaire de la macroflore de la diatomite de Murat

Première colonne : inventaire des formes fossiles rencontrées dans le gisement ; Deuxième colonne : références bibliographiques des espèces citées 1= Marty in Piton et Théobald, 1935 ; 2= Privé-Gill, 1987 ; 3= Roiron, 1991 ; 4= Legrand, 2003 ; 5= Legrand, cet article ; Troisième colonne : inventaire des formes fossiles du niveau de base à Synedra, avec le nombre de spécimens récoltés ; + = présence ; nb = nombreux échantillons

Table I. — Inventory of the fossil flora from the diatom beds at Murat

First column : inventory of the fossil forms in this site ; Second column : bibliographical references of the cited species : 1= Marty in Piton et Théobald, 1935 ; 2= Privé-Gill, 1987 ; 3= Roiron, 1991 ; 4= Legrand, 2003 ; 5= Legrand, (this paper) ; Third column : inventory of the fossil forms collected in the Synedra diatom bed located at the basis of the geological level, with the number of specimens collected (+ = present ; nb = a lot of specimens)

BIBLIOGRAPHIE

- BRICE D. (1965). — Recherches sur la flore mio-pliocène de la montagne d'Andance (Coiron, Ardèche). *Annales de la Société géologique du Nord*, **LXXXV** : 189-239, pl. XVII-XX.
- COSTE H. (1937). — Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. *Librairie scientifique et technique Albert Blanchard*, Paris, 3 vol., 416 + 627 + 807 p.
- DEBAZAC E.-F. (1964). — Manuel des conifères. *ENGREF*, Nancy, 172 p. (2^{ème} éd. 1991).
- DEPAPE G. (1922). — Recherches sur la flore pliocène de la vallée du Rhône. Flores de Saint-Marcel (Ardèche) et des environs de Thériers (Gard). *Annales des Sciences naturelles (Botanique)*, 10^{ème} sér., **IV** : 73-265, 15 pl.
- DURAND S. et REY R. (1964). — Le dépôt de la diatomite de Sainte-Reine (Cantal) débute au Pliocène supérieur et permet de déceler les traces du refroidissement prétiligien. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, **259** : 1978-1980.
- FERGUSON D. K. (1967). — On the phytogeography of Coniferales in the European Cenozoic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **3** : 73-110.
- FLORSCHÜTZ F. (1925). — On *Pseudolarix kaempferi* Gord. from the clay of Reuver. *Recueil des Travaux botaniques néerlandais*, **22** (3/4) : 269-273.
- FOURNIER F. (1965). — Étude de quelques gisements diatomifères d'Auvergne. *Diplôme d'Études supérieures*, Orsay, 80 p.
- GRANGEON P. (1956). — Contribution à l'étude de la paléontologie végétale du massif du Coiron (Sud-Est du Massif Central Français). Thèse, Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, 302 p., VII pl. (impr. G. de Bussac, 1958), et *Mémoires de la Société d'Histoire Naturelle d'Auvergne*, n° 6.
- GAUSSEN H. (1966). — Les Gymnospermes actuelles et fossiles. Fascicule VIII : chap. XI, genre *Tsuga*. *Faculté des Sciences de Toulouse*, p. 637-661.
- GAUSSEN H. (1967). — Les Gymnospermes actuelles et fossiles. Fascicule IX : chap. XI, additions et corrections aux Abiétacées. *Faculté des Sciences de Toulouse*, p. 681, p. 704-705.
- GEISSERT F. (2005). — Éléments remarquables dans les flores néogènes des environs de Haguenau. *Bulletin annuel de l'Association des Amis du Jardin botanique du Col de Saverne*, **2005** : 5-17.
- GOËR DE HERVE A. DE et TEMPIER P. (1988). — Notice explicative, feuille Saint-Flour. *Carte géologique de la France (1:50000)*, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 92 p.
- HICKEL R. (1932). — Note sur un gisement de végétaux pliocènes dans le Bas-Rhin. *Bulletin de la Société dendrologique de France*, **83** : 43-48.
- JOVET P. et KERGUELEN M. (1990). — Flore descriptive et illustrée de la France par l'abbé H. Coste : septième supplément (révision du 4^e supplément). *Librairie scientifique et technique Albert Blanchard*, Paris, p. 747-875.
- JUDD W. S., CAMPBELL C. S., KELLOGG E. A. et STEVENS P. (2002). — Botanique systématique : une perspective phylogénétique. *Ed. De Boeck Université*, Paris, Bruxelles, 467 p.
- KRÄUSEL R. (1938). — Die tertiäre Flora der Hydrobienenkalke von Mainz-Kastel. *Paläontologische Zeitschrift*, Berlin, **20** : 9-103.
- KUNZMANN L. et MAI D. H. (2005). — Die Koniferen der Mastixioideen-Flora von Wiesa bei Kamenitz (Sachs, Miozän) unter besonderer Berücksichtigung der Nadelblätter. *Palaeontographica B*, **272** : 67-135.
- KVACEK Z. et TEODORIDIS V. (2007). — Tertiary macrofloras of the Bohemian Massif : a review with correlations within Boreal and Central Europe. Czech Geological Survey, Prague : *Bulletin of Geosciences*, **82** (4) : 383-408.
- KVACEK Z., TEODORIDIS V. et GREGOR H.-J. (2008). — The Pliocene leaf flora of Auenheim, Northern Alsace (France). *Documenta naturae*, **155** (10) : 1-108.
- KVACEK Z., TEODORIDIS V. et WANG Q. (2009). — *Ilex geissertii* sp. n. (Aquifoliaceae), a fossil ancestor of *Ilex* sect. *Ilex* in the upper Miocene and Pliocene of Europe. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **157** : 192-210.

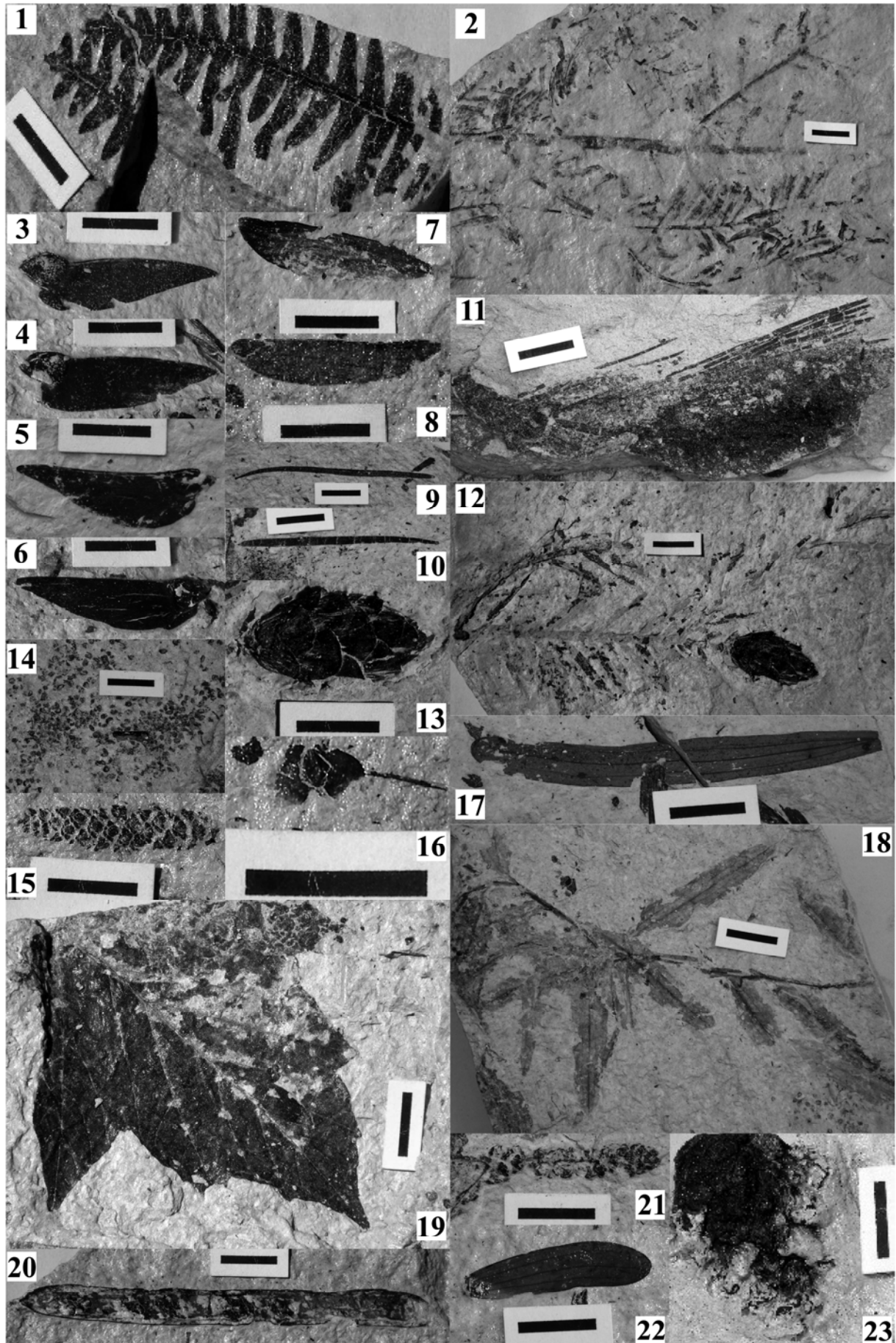
- LAURENT L. (1904-1905). — Flore pliocène des cinérites du Pas-de-la-Mougudo et de Saint-Vincent-la-Sabie (Cantal), avec une introduction géologique et paléontologique par P. Marty. *Annales du Musée d'Histoire naturelle de Marseille*, Géologie, **IX** : 313 p., tabl., XX pl.
- LAURENT L. (1908). — Flore plaisancienne des argiles cinéritiques de Niac (Cantal), avec une introduction géologique par P. Marty. *Annales du Musée d'Histoire naturelle de Marseille*, Géologie, **XII** : 88 p., tabl., IX pl.
- LAURENT L. et MARTY P. (1923). — Flore pliocène des argiles de Reuver et des gisements synchroniques voisins (Limbourg hollandais). *Mededeelingen van's Rijks geologischen Dienst*, ser. B, **1** : 80 p., 14 pl.
- LAURENT L. et MARTY P. (1927). — Flore pliocène des cinérites des hautes vallées de la Petite-Rhue et de la Véronne (Cantal). *Annales du Musée d'Histoire naturelle de Marseille*, **XXI** : 132 p.
- LEGRAND Ph. (2003). — Inventaire de la macroflore du Miocène supérieur de la diatomite de Murat (Cantal, Massif Central, France). *Annales de la Société géologique du Nord*, **10** (2^{ème} série) : 25-55, pl. V-X.
- LePAGE B. A. et BASINGER J. F. (1995). — Evolutionary history of the genus *Pseudolarix* Gordon (Pinaceae). *International Journal of Plant Sciences*, **156** (6) : 910-950.
- MÄDLER K. (1939). — Die pliozäne Flora von Frankfurt am Main. *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, **446** : 202 p., 13 pl.
- MANCHESTER S. R., CHEN Z.-D., LU A.-M. et UEMURA K. (2009). — Eastern Asian endemic seed plant genera and their paleogeographic history throughout the Northern Hemisphere. *Journal of Systematics and Evolution*, **47** (1) : 1-42.
- MARTINETTO E. (2001). — Studies on some exotic elements of the Pliocene floras of Italy. *Palaeontographica*, B, **259** : 149-166.
- PITON L. et THEOBALD N. (1935). — La faune entomologique des gisements mio-pliocènes du Massif Central. *Revue des Sciences naturelles d'Auvergne*, **1** (2) : 65-104, 5 pl.
- PRIVE-GILL C. (1987). — Les flores ligneuses tertiaires du Massif Central français : étude anatomique, implications paléoclimatiques et phytogéographiques. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris : 149-153.
- ROIIRON P. (1991). — La macroflore d'âge miocène supérieur des diatomites de Murat (Cantal, France) ; implications paléoclimatiques. *Palaeontographica*, B, **223** (4-6) : 169-203, 6 pl.
- TEODORIDIS V. (2007). — Revision of *Potamogeton* fossils from the Most Basin and their paleoecological significance (Early Miocene, Czech Republic). Czech Geological Survey, Prague : *Bulletin of Geosciences*, **82** (4) : 409-418.
- ZANNI M. et RAVAZZI C. (2007). — Description and differentiation of *Pseudolarix amabilis* pollen. Palaeoecological implications and new identification key to fresh bisaccate pollen. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **145** : 35-75.

EXPLICATIONS DE LA PLANCHE I

EXPLANATIONS OF PLATE I

(barre d'échelle = 1 cm ; scale bar = 1 cm)

- Fig. 1.- *Pteridium aquilinum* (Linné) Kuhn *fossilis* (penne)
- Fig. 2.- *Abies ramesi* Saporta (rameau feuillé)
- Fig. 3, 4, 5 et 6.- *Pseudolarix schmidtgenii* Kräusel (graines)
- Fig. 7 et 8.- *Pinus* sp. 2 cf. *Pinus nigra* Arnold *fossilis* (graines)
- Fig. 9 et 10.- *Pinus* sp. (aiguilles isolées)
- Fig. 11.- *Pinus* sp. (rameau feuillé)
- Fig. 12.- *Tsuga europaea* Menzel (rameau feuillé avec cône femelle)
- Fig. 13.- *Tsuga europaea* Menzel (détail du cône de la fig. 12)
- Fig. 14.- graines indéterminées
- Fig. 15.- *Alnus* sp. (chaton mâle)
- Fig. 16.- *Betula* sp. (graine)
- Fig. 17.- *Viscophyllum pliocaenicum* (Engelh.) Mädler (feuille)
- Fig. 18.- *Potamogeton crispus* Linné *fossilis* (tige feuillée)
- Fig. 19.- *Platanus aceroides* Goeppert
- Fig. 20.- Fabaceae (fruit)
- Fig. 21.- *Populus nigra* Linné *fossilis* (chaton)
- Fig. 22.- *Viscophyllum pliocaenicum* (Engelh.) Mädler (feuille)
- Fig. 23.- *Pinus* sp. (cône femelle)



EXPLICATIONS DE LA PLANCHE II
EXPLANATIONS OF PLATE II

(barre d'échelle = 1 cm ; scale bar = 1 cm)

Fig. 1.- *Sassafras ferrettianum* Massalongo (feuille)

Fig. 2.- *Prunus pereger* Unger (feuille)

Fig. 3.- *Potamogeton crispus* Linné *fossilis* (tige feuillée)

Fig. 4.- cf. *Photinia* sp. (feuille)

Fig. 5.- *Acer tricuspidatum* Bronn = *Acer trilobatum* Al.
Braun (feuille)

Fig. 6 et 7.- *Acer pseudoplatanus* Linné *fossilis* (feuilles)

Fig. 8.- *Cornus sanguinea* Linné *fossilis* (feuille)

Fig. 9 et 10.- *Myriophyllum* sp. (tiges feuillées)

