

DEUXIÈME COMPLÉMENT À L'INVENTAIRE DE LA MACROFLORE DU MIOCÈNE SUPÉRIEUR DE LA DIATOMITE DE MURAT (CANTAL, MASSIF CENTRAL, FRANCE)

*Second addition to the inventory of the Upper Miocene macroflora from the Murat diatomite
(Cantal, French Central Massif)*

par Philippe LEGRAND

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

Résumé

Le gisement de diatomite de Murat (Cantal), daté à la limite Mio-Pliocène (Messinien), est particulièrement riche en végétaux fossiles. De nouvelles prospections effectuées de 2010 à 2019 ont permis de compléter les inventaires précédents. Seules cinq nouvelles formes fossiles ont été découvertes et sont décrites : trois nouvelles espèces (1 Filicophyte et 2 Magnoliophytes) et deux formes fossiles d'aiguilles de pin (*Pinus* sp., Coniferophytes). Deux autres espèces précédemment citées sont détaillées et figurées. Le nombre total d'espèces décrites dans la diatomite de Murat est maintenant de 86 : 4 Filicophytes, 11 Coniferophytes et 71 Magnoliophytes. La diatomite de Murat reste donc l'un des plus riches gisements de végétaux fossiles miocènes du Massif central. La flore est dominée par des espèces tempérées, mais des espèces plus froides et des espèces thermophiles sont aussi présentes.

Abstract

*A rich macroflora occurs in the diatomite beds located near the small town of Murat (Cantal, French Central Massif), dated near the Mio-Pliocene boundary (Messinian). New fossil samples collected from 2010 to 2019 allow to complement previous inventories. Only five new fossil forms have been found and are described: three new species (1 Filicophyta and 2 Magnoliophytae) and two fossil forms of needles of *Pinus* sp. (Coniferophytae). Two other species previously cited are figured and detailed. The number of species described from the diatomite of Murat is now 86 in total: 4 Filicophytae, 11 Coniferophytae and 71 Magnoliophytae. The diatomite of Murat is confirmed as one of the richest sites for Miocene flora in the French Central Massif. The flora is dominated by temperate species, but both cooler species and thermophilic species are also present.*

INTRODUCTION

Le gisement de diatomite dit « de Murat » (Cantal) est daté à la limite Mio-Pliocène et noté m3D (Miocène terminal : Messinien) sur la carte géologique au 1/50 000 (Durand & Rey, 1964 ; Goër de Hervé & Tempier, 1988). Les espèces fossiles de la macroflore livrée par ce gisement ont été précédemment mentionnées et/ou décrites par Marty (*in* Piton & Théobald, 1935), Privé-Gill (1987), Roiron (1991) et Legrand (2003, 2010). Cette courte note présente quelques formes fossiles nouvelles, découvertes depuis 2010 sur les tas de déblais de la carrière en exploitation, et apporte quelques précisions sur des formes

précédemment signalées. Elle complète l'inventaire précédent (Legrand, 2010). Nous rappelons ici 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).

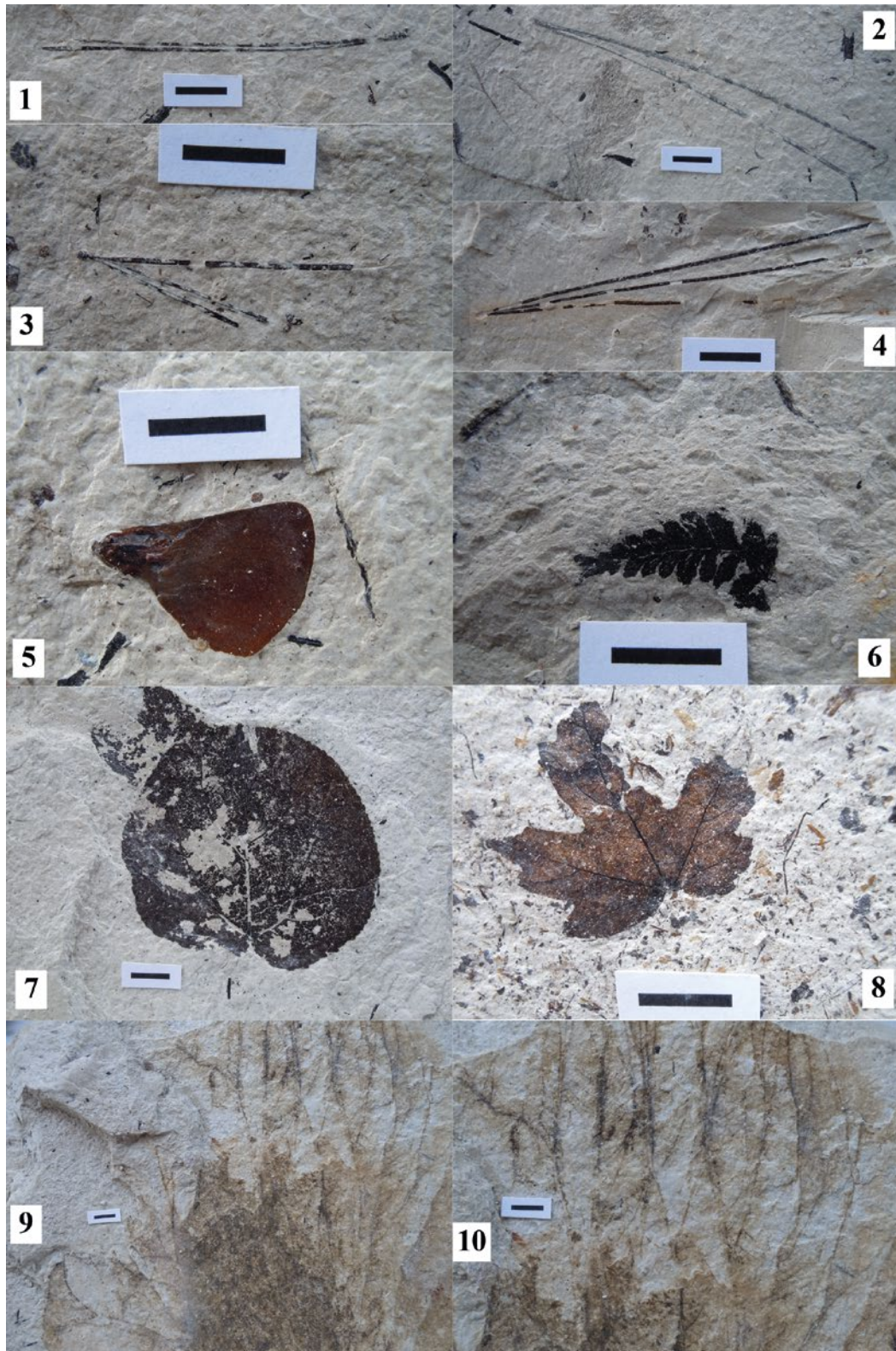


Planche I. — Nouvelles formes fossiles de la macroflore miocène de la diatomite de Murat (Cantal, France). Fig. 1-2 : *Pinus* sp. à deux aiguilles (aiguilles fasciculées par 2). Fig. 3-4 : *Pinus* sp. à trois aiguilles (aiguilles fasciculées par 3). Fig. 5 : *Abies ramesi* Saporta (graine ailée). Fig. 6 : Polypodiaceae s.l., genre et espèce indéterminés (penné avec pinnules). Fig. 7 : *Cercidiphyllum crenatum* (Unger) Brown (feuille). Fig. 8 : *Acer pseudocampestre* Unger (syn. *Acer campestre* L. fossilis) (feuille). Fig. 9 : *Nymphaea* sp. (feuille). Fig. 10 : *Nymphaea* sp. (feuille : détail de la nervation). Pour toutes les figures, la barre d'échelle = 1 cm. Collection Philippe LEGRAND.

Plate I. — New fossil forms of the Miocene macroflora from the Murat diatomite (Cantal, France). Fig. 1-2: two-needle *Pinus* sp. (bundles of two needles). Fig. 3-4: three-needle *Pinus* sp. (bundles of three needles). Fig. 5: *Abies ramesi* Saporta (winged seed). Fig. 6: Polypodiaceae s.l., gen. et sp. indet. (pinna with pinnules). Fig. 7: *Cercidiphyllum crenatum* (Unger) Brown (leaf). Fig. 8: *Acer pseudocampestre* Unger (syn. *Acer campestre* L. fossilis) (leaf). Fig. 9: *Nymphaea* sp. (leaf). Fig. 10: *Nymphaea* sp. (leaf with detail of nervation). For all figures, scale bar = 1 cm. Collection Philippe LEGRAND.

NOUVELLES FORMES FOSSILES RÉCOLTÉES

TRACHÉOPHYTES À SPORES (FILICOPHYTES)

Fougères leptosporangiées (Polypodiophytes)

Famille POLYPODIACEAE s. l.

Polypodiaceae s. l., gen. et sp. indet.

(Planche I, fig. 6)

Un spécimen fossile très fragmentaire, très petit et de mauvaise conservation, ne permettant pas une identification plus précise, est figuré ici pour mémoire. Il s'agit de la partie terminale d'une fronde portant des pinnules d'environ 3 mm de long pour 1,5 mm de large, apparemment dentées.

SPERMATOPHYTES NON ANGIOSPERMES

CONIFEROPHYTES

Famille PINACEAE

Abies ramesi Saporta

(Planche I, fig. 5)

Roiron (1991) avait rapporté à cette espèce des graines dont les graines elles-mêmes sont mal conservées ou absentes, seule l'aile étant conservée. Nous figurons ici une graine complète, munie de son aile.

Pinus sp. à deux aiguilles

(Planche I, fig. 1-2)

Nous avons précédemment signalé des aiguilles isolées et un rameau feuillé, de mauvaise conservation, dont il était impossible de préciser le nombre d'aiguilles par faisceau (Legrand, 2010). Nous avons depuis découvert plusieurs aiguilles fasciculées par deux, robustes, et atteignant 8-10 cm de longueur.

Pinus sp. à trois aiguilles

(Planche I, fig. 3-4)

Nous avons de plus découvert plusieurs aiguilles fasciculées par trois, plus fines que celles fasciculées par deux, et atteignant 3-7 cm de long. Laurent (1904-1905) signale aussi des aiguilles de pin fasciculées par trois dans le Miocène supérieur du Cantal, à La Mougudo.

ANGIOSPERMES (MAGNOLIOPHYTES)

Ordre NYMPHAEALES

Famille NYMPHAEACEAE

Nymphaea sp.

(Planche I, fig. 9-10)

Les feuilles fossiles de nénuphar, dont de nombreux spécimens et espèces ont été décrits dans le Tertiaire, sont généralement placées arbitrairement dans le genre *Nymphaea*, le plus important actuellement. En effet, les caractères foliaires sont généralement insuffisants pour séparer convenablement les genres (notamment *Nymphaea* et *Nelumbium*), et les espèces de cette famille. Judd *et al.* (2002) estiment d'ailleurs que les Nymphaeaceae sont clairement monophylétiques. Dans

la diatomite de Murat, nous n'avons trouvé qu'une grande feuille dont seule une partie d'environ 20x22 cm est conservée.

Ordre SAXIFRAGALES

Famille CERCIDOPHYLLACEAE

Cercidiphyllum crenatum (Unger) Brown

(Planche I, fig. 7)

Nous n'avons trouvé qu'une seule feuille d'environ 7 cm de diamètre, à la nervation et à la marge dentée caractéristiques, avec des dents régulières et globalement obtuses. Elle comporte 3-5 nervures à la base ; la nervation tertiaire est non régulièrement percurrente, concentrique, obtuse par rapport à la primaire, comme chez *Grewia*. Anciennement rapportée aux Malvaceae ou aux Tiliaceae sous le nom de *Grewia crenata* (Unger) Heer (Knobloch, 1969 ; Ferguson, 1971), cette forme fossile avait déjà été signalée dans le Miocène supérieur (Tortonien-Messinien) du Cantal : dans le gisement de La Mougudo (Laurent, 1904-1905), à Niac (Laurent, 1908), à Fontgrande et au Saut de Jujieu (Lauby, 1909-1910 ; Marty, 1931).

Ordre SAPINDALES

Famille SAPINDACEAE (y compris ACERACEAE)

Acer pseudocampestre Unger (syn. *Acer campestre* L. *fossilis*)

(Planche I, fig. 8)

Considérée comme une forme ancestrale de l'actuel érable champêtre (*Acer campestre* L.), cette forme fossile palmatilobée décrite sous différentes dénominations avait déjà été signalée dans la diatomite de Murat par Roiron (1991). Nous n'en avons trouvé qu'une seule feuille de petite taille (3x2,5 cm).

MISE À JOUR DE L'INVENTAIRE DE LA MACROFLORE

Le tableau 1 présente la liste complète des formes fossiles rencontrées jusqu'à présent dans le gisement de diatomite de Murat, avec la référence bibliographique des différentes mentions (citation seule des espèces ou citation avec illustration).

Ce gisement permet d'apprécier la diversité de la flore à la limite Miocène-Pliocène. De nombreuses espèces présentes à Murat traduisent un climat tempéré, certaines un climat plutôt frais possiblement dû à l'altitude, mais elles y côtoient aussi des taxons thermophiles, avec notamment plusieurs espèces d'affinités tropicales ou méditerranéennes. Certaines formes fossiles ne sont connues qu'à l'état fossile, d'autres formes ont des proches parents actuels à la morphologie similaire toujours présents aujourd'hui en Europe, tandis que d'autres encore ont disparu d'Europe mais ont des proches parents actuels qui existent toujours par exemple en Asie. Bien que plus riche en espèces, la flore fossile de Murat reste similaire à celle des autres gisements du Miocène supérieur du Cantal (Legrand, 2003, 2010).

FORMES FOSSILES RÉCOLTÉES	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES
Filicophytes	
<i>Asplenium viride</i> Huds. <i>fossilis</i> (penne 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> (penne avec pinnules)	5
Polypodiaceae s.l., genre et espèce indéterminés (penne avec pinnules)	7
Coniférophytes	
<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
<i>Abies ramesi</i> Saporta (graine ailée, aile de graine)	3,7
<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
<i>Cedrus miocenica</i> Lauby (écaille de cône femelle)	4
<i>Cedrus miocenica</i> Lauby (chaton mâle)	4
<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
<i>Picea</i> sp. (graine ailée)	3, 4
<i>Picea</i> sp. (cône femelle)	3, 4
<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
<i>Pinus</i> sp. 2 aff. <i>P. nigra</i> Arn. <i>fossilis</i> (graine ailée)	5
<i>Pinus</i> sp. (cône femelle)	5
<i>Pinus</i> sp. (rameau feuillé)	5
<i>Pinus</i> sp. (aiguille isolée)	5
<i>Pinus</i> sp. à deux aiguilles (aiguilles fasciculées par 2)	7
<i>Pinus</i> sp. à trois aiguilles (aiguilles fasciculées par 3)	7
<i>Pseudolarix schmidtgenii</i> Kräusel (= <i>P. amabilis</i> [J. Nelson] Redher <i>fossilis</i>) (graine ailée)	5
<i>Sequoia langsdorfi</i> (Brongniart) Heer (rameau feuillé)	3
<i>Tsuga europaea</i> Menzel (rameau feuillé avec cône femelle)	5
Magnoliophytes (Angiospermes)	
Graines indéterminées, isolées ou en amas	5
anciennement Angiospermes Monocotylédones	
Monocotylédones (feuilles)	3, 4
<i>Bambusa</i> sp. (feuille)	3
<i>Bambusa lugdunensis</i> Saporta & Marion (feuille)	4
<i>Potamogeton</i> sp. (feuille ovale-oblongue)	4
<i>Potamogeton crispus</i> L. <i>fossilis</i> (tige feuillée submergée)	5

anciennement Angiospermes Dicotylédones	
<i>Acer</i> sp. (samare)	3, 4
<i>Acer decipiens</i> Al. Braun (feuille)	4
<i>Acer laetum pliocenicum</i> Saporta & Marion = <i>Acer integerrimum</i> (Viv.) Mass. (feuille)	1, 3, 4
<i>Acer opalus</i> Mill. <i>fossilis</i> (= <i>Acer opulifolium</i> Vill.) (feuille)	3
<i>Acer palmatum</i> Thunberg <i>fossilis</i> = <i>Acer sanctae-crucis</i> Stur (feuille)	3, 4
<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, 7
<i>Acer pseudoplatanus</i> L. <i>fossilis</i>	5
<i>Acer tricuspidatum</i> Bronn (= <i>Acer trilobatum</i> Al. Br.) (feuille)	3, 5
<i>Alnus</i> sp. (strobile femelle)	3, 4
<i>Alnus</i> sp. (chaton mâle)	5
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4
<i>Alnus kefersteinii</i> Unger (feuille)	3, 4
<i>Alnus stenophylla</i> Saporta & Marion = <i>Alnus hoernesi</i> Stur (feuille)	1, 3, 4
<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
<i>Betula</i> sp. (écaille de chaton femelle)	3
<i>Betula</i> sp. (graine ailée)	5
<i>Betula macrophylla</i> (Goepfert) Heer (feuille)	3, 4
<i>Betula subpubescens</i> Goepfert (feuille)	4
<i>Buettneria tiliaefolia</i> (Al. Braun) Depape (feuille)	4
<i>Carpinus betulus</i> L. <i>fossilis</i> (fruit avec involucre)	3, 4
<i>Carpinus orientalis</i> Mill. <i>fossilis</i> (fruit avec involucre)	3, 4
<i>Carpinus suborientalis</i> Saporta (feuille)	3, 4
<i>Carya minor</i> Saporta & Marion (feuille ; foliole)	3, 4
<i>Cedrela</i> sp. (graine)	4
<i>Cedrela</i> sp. (feuille)	3
<i>Celtis australis</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4
<i>Ceratophyllum demersum</i> L. <i>fossilis</i> (tige feuillée)	3, 4
<i>Cercidiphyllum crenatum</i> (Unger) Brown (feuille)	7
<i>Cercis</i> aff. <i>Cercis siliquastrum</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	4
<i>Cornus sanguinea</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	5
<i>Corylus avellana</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	4
<i>Crataegus</i> sp. série Crus-Galli et Punctata (feuille)	4
<i>Crataegus</i> sp. cf. <i>C. douglasii</i> Lindl. <i>fossilis</i> (feuille)	3
<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
<i>Ilex geissertii</i> Kvacek, Teodoridis & Wang (feuille ; rameau avec feuilles et fruits) (= <i>Ilex boulei</i> Saporta <i>sensu</i> Legrand, 2003)	3, 4, 5, 6

<i>Juglans regia</i> L. <i>fossilis</i> (foliole)	1, 3, 4
<i>Laurus azorica</i> (Seub.) J. Franco <i>fossilis</i> (feuille)	4
<i>Myrica</i> sp. (feuille)	4
<i>Myriophyllum</i> sp. (tiges feuillées)	1, 5
<i>Nymphaea</i> sp. (feuille)	7
<i>Persea indica</i> Spr. <i>fossilis</i> (feuille)	4
<i>Phellodendron</i> sp. cf. <i>P. amurense</i> Rupr. <i>fossilis</i> (feuille)	3
cf. <i>Photinia</i> sp. (feuille)	3, 5
<i>Platanus aceroides</i> Goepfert (feuille)	5
<i>Populus alba</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	4
<i>Populus x canescens</i> (Ait.) Sm. <i>fossilis</i> (feuille)	4
<i>Populus nigra</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	4, 5
<i>Populus nigra</i> L. <i>fossilis</i> (chaton)	5
<i>Populus tremula</i> L. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4
<i>Prunus acuminata</i> Al. Br. (feuille)	3
<i>Prunus microdonta</i> N. Boulay (feuille)	4
<i>Prunus pereger</i> Unger (feuille)	5
<i>Pterocarya denticulata</i> Heer (foliole)	4
<i>Quercoxylon böckhianum</i> (Felix) Müller-Stoll & Mädler (bois)	2
<i>Quercus hispanica</i> Rérolle (feuille)	1, 3, 4
<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
<i>Sapindus falcifolius</i> Al. Braun (foliole)	4
<i>Sassafras ferrettianum</i> Massalongo (feuille entière, feuille trilobée)	4, 5
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz <i>fossilis</i> (feuille)	4
<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
<i>Ulmus braunii</i> Heer (feuille)	1, 3, 4
<i>Ulmus</i> sp. cf. <i>Ulmus fulva</i> Michx. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4
<i>Viscophyllum pliocaenicum</i> (Engelh.) Mädler	5
<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
<i>Zelkova ungeri</i> Kovats aff. <i>Z. carpinifolia</i> (Pall.) K. Koch <i>fossilis</i> (feuille)	1, 3, 4
<i>Zelkova ungeri</i> Kovats aff. <i>Z. serrata</i> (Thunb.) Mak. <i>fossilis</i> (feuille)	3, 4

Tableau 1. — Inventaire de la macroflore de la diatomite de Murat (Cantal, Massif central). Colonne gauche : inventaire des formes fossiles rencontrées dans le gisement. Colonne droite : références bibliographiques des espèces citées. 1 = Marty *in* Piton & Théobald, 1935 ; 2 = Privé-Gill, 1987 ; 3 = Roiron, 1991 ; 4 = Legrand, 2003 ; 5 = Legrand, 2010 ; 6 = Kvacek *et al.*, 2009 ; 7 = Legrand, cet article.
 Table 1. — Inventory of the macroflora from the diatomite beds at Murat (Cantal, French Central Massif). Left column: inventory of the fossil forms in this locality. Right column: bibliographical references of cited species. 1 = Marty *in* Piton & Théobald, 1935 ; 2 = Privé-Gill, 1987 ; 3 = Roiron, 1991 ; 4 = Legrand, 2003 ; 5 = Legrand, 2010 ; 6 = Kvacek *et al.*, 2009 ; 7 = Legrand, this paper.

ÉLÉMENTS COMPLÉMENTAIRES SUR LA FLORE DE MURAT

Dans une publication précédente (Legrand, 2003), nous avons effectué une comparaison entre la macroflore fossile récoltée et les analyses polliniques alors disponibles. Plus récemment (Legrand, 2010), nous avons souligné que les données palynologiques (bibliographie et discussion *in* Legrand, 2003) restaient très fragmentaires, et qu'aucune étude niveau par niveau n'avait été menée. Dans une publication récente, Fauquette *et al.* (2020) font état d'analyses polliniques menées sur 37 échantillons récoltés en 1974 (sic !) sur une épaisseur de diatomite de 34,5 mètres, avec des résultats obtenus sur 32 échantillons répartis sur une épaisseur de diatomite de 21 mètres. Ils ne précisent pas si ces échantillons ont été récoltés en un seul point de l'étendue du gisement, mais c'est probable puisqu'ils sont répartis sur toute sa hauteur, et c'est donc très restrictif. Ils ne corrélaient pas leurs prélèvements et leurs résultats avec les niveaux à i) *Synedra* (base de la formation), ii) *Synedra* (intermédiaire inférieur), iii) *Melosira* (intermédiaire supérieur), iv) *Cyclotella* (sommet de la formation). Or, selon le lieu de prélèvement, chaque niveau peut être plus ou moins développé : le niveau de base à *Synedra* n'a été que rarement atteint, car peu intéressant pour l'exploitant, et le niveau supérieur à *Cyclotella* peut même être absent, ayant été raboté par les glaciers (Legrand, 2010).

Fauquette *et al.* (2020) concluent à une très bonne corrélation entre les pollens analysés et la macroflore inventoriée, tout en ne prenant pas en compte la publication de Legrand (2010). Ils citent 88 taxa de pollens, dont de nombreux pollens de plantes herbacées non retrouvées ou non identifiables sous forme de macrorestes dans la diatomite. Ces auteurs reconstituent la végétation et insistent sur le développement d'un marécage à *Glyptostrobus*. Ils indiquent en effet que les pollens du « type *Taxodium* » appartiennent probablement à *Glyptostrobus* en raison d'abondants macrorestes signalés par Roiron (1991). Roiron (1991) rapporte en effet à ce genre une vingtaine de rameaux à écailles opposées dont certains sont ramifiés, ce qui est peu abondant face aux centaines (milliers ?) de feuilles d'*Alnus stenophylla* Saporta & Marion, espèce la plus représentée à Murat. Il en dessine deux exemplaires, et en figure la photographie d'un exemplaire. Or, aucune de ces figurations ne présente les caractères diagnostiques du genre, qui se caractérise par divers types de feuilles, avec surtout les feuilles décurrentes sur les rameaux. Au contraire, les fossiles figurés par Roiron (1991) se rapprochent de ceux que nous avons rapportés à *Juniperus* sp. section *sabina* (Legrand, 2003). Par ailleurs, Fauquette *et al.* (2020) rapportent aussi la présence de pollens du « type *Cupressus-Juniperus* ».

Fauquette *et al.* (2020) reconstituent la paléoauteurité des Monts du Cantal et du gisement de Murat en se basant notamment sur une limite altitudinale inférieure de l'actuel

sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) située à 1 200 mètres d'altitude. Or cette limite est globalement fautive et ne peut être retenue pour estimer une paléoauteurité ; elle ne tient par exemple pas compte des variations géographiques actuelles dans le Massif central ni de l'autécologie du sapin pectiné (voir les détails sur l'autécologie du sapin pectiné dans le Massif central dans Legrand, 2016). Par ailleurs, ces auteurs ne tiennent pas compte que l'*Abies ramesi* Saporta présent à Murat est considéré comme l'ancêtre de l'ensemble des sapins du pourtour méditerranéen, dont certains peuvent avoir une écologie assez différente d'*A. alba* et descendent beaucoup plus bas en altitude, car ils sont plus thermophiles qu'*A. alba* (Legrand, 2003 ; Legrand, 2016). La même remarque peut être formulée pour l'épicéa : *Picea* sp. à Murat (Legrand 2003) et *Picea abies* (L.) Karst. actuel qui n'est d'ailleurs pas spontané dans le Massif central mais y a été introduit par l'homme. Contrairement à ce qu'affirment Fauquette *et al.* (2020), rien ne prouve le développement d'une forêt de conifères à altitude plus élevée que le lac de maar où se sont déposées les diatomites. Les conifères ont très bien pu se développer à la même altitude que le lac, dans ses alentours, et dans une forêt mélangée de feuillus et de conifères.

Comme nous l'avons indiqué précédemment (Legrand, 2003), l'âge du gisement de diatomite de Murat a été longuement discuté avant l'obtention d'un âge absolu. Il a finalement été rapporté au Miocène terminal, Messinien m3D, en raison d'une intrusion basaltique qui a perturbé le fond du gisement et thermométamorphisé les diatomites, datée à $5,34 \pm 0,3$ Ma, ce qui donne un âge potentiel entre 5,6 et 5,04 Ma. La limite entre Miocène et Pliocène est aujourd'hui fixée à 5,333 Ma (International Chronostratigraphic Chart v2020/01, disponible à <https://www.iugs.org/ics>). En étudiant les courbes de variation selon les cycles climatiques des pollens de *Tsuga* + *Picea* uniquement, Fauquette *et al.* (2020) concluent à une meilleure adéquation d'un âge des pollens analysés compris entre 5,36 et 5,13 Ma, plutôt qu'à un âge de 5,52 à 5,33 Ma. Comme écrit précédemment (Goër de Hervé & Tempier, 1988 ; Legrand, 2003), les diatomites de Murat sont donc contemporaines des premières éruptions planéziennes de la région, aux confins mio-pliocènes. Il serait donc plus particulièrement intéressant i) d'effectuer des analyses polliniques sur le niveau de base à *Synedra* pour préciser les données de Fauquette *et al.* (2020) qui restent très fragmentaires et ne concernent de plus que *Tsuga* + *Picea*, et donc leur estimation de l'âge des diatomites, et mieux encore ii) d'obtenir de nouveaux âges absolus plus précis. Ceci tout au moins pour les auteurs qui ne se contentent pas d'un âge du gisement à la limite mio-pliocène et continuent de discourir soit d'un âge miocène, soit d'un âge pliocène, tout en ignorant que la limite mio-pliocène est elle-même sujette à précisions au fil du temps. La flore du gisement reste quant à elle marquée par de nombreuses espèces miocènes, pour une bonne part déjà présentes dans les autres gisements miocènes du Cantal.

CONCLUSIONS

L'inventaire de la macroflore fossile de la diatomite de Murat comportait précédemment 83 espèces : 3 Filicophytes, 11 Coniferophytes (dont 1 bois fossile), 69 Magnoliophytes (dont 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* présentes sous forme de fruits avec involucre) (Legrand, 2010).

Les prospections complémentaires effectuées sur la période 2010-2019 n'ont permis de découvrir que quelques rares espèces nouvelles :

- ✧ une fougère leptosporangiée de la famille des Polypodiaceae s. l., genre et espèce indéterminés ;
- ✧ deux Magnoliophytes : *Nymphaea* sp. et *Cercidiphyllum crenatum*.

Le genre *Pinus* était déjà représenté à Murat par deux espèces distinctes sous forme de graines (Legrand, 2003, 2010). Les formes fossiles présentées dans cet article attestent de la présence de deux espèces distinctes sous forme d'aiguilles : un pin à 2 aiguilles et un pin à 3 aiguilles, sans qu'il soit possible de mettre en rapport les aiguilles avec les graines. Il faut donc considérer la présence d'au moins deux espèces distinctes du

BIBLIOGRAPHIE

- DURAND S. & REY R. (1964). — Le dépôt de la diatomite de Sainte-Reine (Cantal) débute au Pliocène supérieur et permet de déceler les traces du refroidissement prétiégien. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, **259** : 1978-1980.
- FAUQUETTE S., SUC J.-P., POPESCU S.-M., GUILLOCHEAU F., VIOLETTE S, JOST A., ROBIN C., BRIAIS J. & BABY G. (2020). — Pliocene uplift of the Massif Central (France) constrained by the palaeoelevation quantified from the pollen record of sediments preserved along the Cantal Stratovolcano (Murat area). *Journal of the Geological Society* ; World Wide Web address: <https://doi.org/10.1144/jgs2020-010> (accès le 03/07/2020).
- FERGUSON D. K. (1971). — The Miocene flora of Kreuzau, Western Germany. 1. The leaf-remains. *Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afd. Natuurkunde*, Tweede Reeks, **60** (1) : 297 p., 53 pl.
- GOËR DE HERVÉ A. DE & TEMPIER P. (1988). — *Notice explicative, feuille Saint-Flour. Carte géologique de la France (1 : 50 000)*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 92 p.
- JUDD W. S., CAMPBELL C. S., KELLOGG E. A. & STEVENS P. (2002). — *Botanique systématique : une perspective phylogénétique*. Ed. De Boeck Université, Paris, Bruxelles, 467 p.

genre *Pinus* à Murat. Les autres formes fossiles décrites dans cet article étaient déjà au moins partiellement connues. Malgré un échantillonnage assidu sur plusieurs années, et avec une intensité de prospection annuelle similaire à celle qui avait abouti aux inventaires précédents, peu de nouveautés ont été découvertes. Il est donc probable qu'on ait maintenant une vision assez complète de la flore de la diatomite de Murat. Avec l'abondance des spécimens récoltés notamment pour certaines espèces précédemment décrites, et avec sa grande diversité floristique, le gisement de diatomite de Murat reste l'un des plus riches gisements en végétaux fossiles des confins mio-pliocènes du Massif central, avec maintenant 86 espèces : 4 Filicophytes, 11 Coniferophytes et 71 Magnoliophytes.

Remerciements.

Nous remercions tout particulièrement M. Pierre Bila et M. Matthieu Priou, directeurs successifs de CELITE – Imerys Filtration France, et les personnels de cette société, M. Pascal Froment et Mme Sophie Lebas, qui nous ont toujours accueillis très cordialement sur le gisement de diatomite. Nous remercions aussi Mme Nathalie Peynon-Legrand pour son aide lors des récoltes, M. Alain Blicck (Société géologique du Nord) pour sa relecture attentive du manuscrit original, et les relecteurs des *Annales*, Mme Anaïs Boura (Sorbonne Université, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris) et M. Dario de Franceschi (Sorbonne Universités, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris), pour leurs suggestions complémentaires.

- KNOBLOCH E. (1969). — *Tertiäre Floren von Mähren*. Moravske Museum – Musejni Spolek, Brno, 201 p., LXXVII pl.
- KVACEK Z., TEODORIDIS V. & 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.
- LAUBY A. (1909-1910). — Recherches paléophytologiques dans le Massif central. *Bulletin des Services de la Carte géologique de la France et des Topographies souterraines*, Vingtième volume, Ministère des Travaux publics, Paris, 398 p., XIV pl.
- 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.
- 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^e série) : 25-55, pl. V-X.



- LEGRAND Ph. (2010). — Complément à l'inventaire de la macroflore du Miocène supérieur de la diatomite de Murat (Cantal, Massif Central, France). *Annales de la Société géologique du Nord*, **17** (2^e série) : 23-35, pl. I-II.
- LEGRAND Ph. (2016). — Face au réchauffement climatique, quel avenir pour le sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) dans le Massif central ? *Revue des Sciences naturelles d'Auvergne*, **80** : 3-15.
- MARTY P. (1931). — Sur l'âge des plus anciens basaltes de l'Aubrac (Note de paléontologie végétale). *Bulletin de la Société géologique de France*, 5^e série, **1** : 177-188, pl. VII-IX.
- PITON L. & THÉOBALD N. (1935). — La faune entomologique des gisements mio-pliocènes du Massif Central. *Revue des Sciences naturelles d'Auvergne*, **1** (2) : 65-104, 5 pl.
- PRIVÉ-GILL C. (1987). — *Les flores ligneuses tertiaires du Massif Central français : étude anatomique, implications paléoclimatiques et phytogéographiques*. Thèse de Doctorat d'État, Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris, 24 juin 1987, 313 p., VIII pl.
- ROIRON 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.

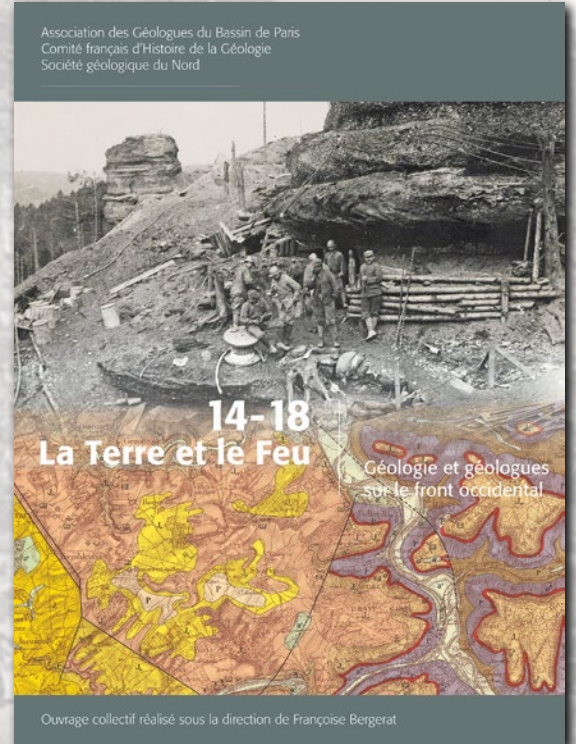
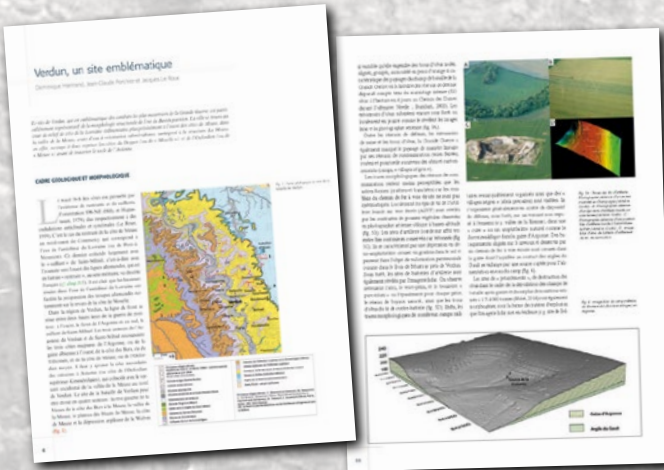
14-18 : La Terre et le Feu

Géologie et géologues sur le front occidental

Une publication de l'AGBP, du COFRHIGEO et de la SGN

Le rôle des formes du relief

La stratégie des belligérants a été marquée dès le début de la guerre par le rôle de la géomorphologie. Les auréoles concentriques du Bassin parisien, avec leurs escarpements de côtes face à l'est et défendus par les fortifications du système Séré de Rivières constituait l'impenable « forteresse France » que les Allemands ont dû contourner par la Belgique.



La nature des roches

La nature des roches a défini les conditions dans lesquelles les soldats ont creusé tranchées et galeries de mines, et l'aptitude à la circulation des troupes et des équipements lourds, notamment les chars. Les carrières souterraines des régions calcaires ont offert des abris aux combattants. La guerre de mines a été influencée, comme les autres travaux du génie, par la distribution, l'épaisseur et la structure des roches, leurs caractéristiques physiques et la présence d'eaux souterraines.

Les géologues dans le conflit

À la différence des Allemands et des Britanniques, les Français n'ont pas constitué de corps de géologues militaires, l'information géologique reposant davantage sur des spécialistes non mobilisés et des réseaux informels. Les géologues des diverses parties ont été impliqués dans l'approvisionnement en eau et en ressources minérales, dans le creusement des mines et dans le choix des sites stratégiques. Parallèlement, une guerre idéologique a opposé les scientifiques des deux camps.



Les conséquences environnementales

Les nouvelles technologies (systèmes d'information géographique, images Lidar...) permettent d'identifier les traces du conflit dans la morphologie. La dégradation des sols et les zones polluées constituent un nouveau domaine d'étude en phase avec les préoccupations contemporaines.

L'ouvrage, de plus de 450 pages et richement illustré en quadrichromie (cartes, dessins, photographies) est disponible au prix de 38 €. Il peut être retiré à la Société géologique du Nord sur rendez-vous (didiertorz@gmail.com) ou être envoyé par voie postale. (frais d'emballage et d'expédition en sus) : renseignements et commandes par courriel (didiertorz@gmail.com) ou par courrier : (Société Géologique du Nord, Université de Lille, Cité Scientifique (Bât. SN5), 59655 Villeneuve d'Ascq).