



Quaternaire

Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire

vol. 16/2 | 2005
Volume 16, numéro 2

L'évolution holocène de la végétation des monts de la Madeleine, du Forez, du Livradois et du Pilat (Massif Central oriental, France) : l'apport d'une nouvelle série d'analyses palynologiques

A new step towards a synthesis of the Holocene history of the vegetation of the Monts de la Madeleine, Forez, Livradois and Pilat (Eastern Massif central, France)

Jacqueline Argant et Hervé Cubizolle



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/359>
DOI : 10.4000/quaternaire.359
ISSN : 1965-0795

Éditeur

Association française pour l'étude du quaternaire

Édition imprimée

Date de publication : 1 août 2005
Pagination : 119-142
ISSN : 1142-2904

Référence électronique

Jacqueline Argant et Hervé Cubizolle, « L'évolution holocène de la végétation des monts de la Madeleine, du Forez, du Livradois et du Pilat (Massif Central oriental, France) : l'apport d'une nouvelle série d'analyses palynologiques », *Quaternaire* [En ligne], vol. 16/2 | 2005, mis en ligne le 01 juin 2008, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/359> ; DOI : 10.4000/quaternaire.359

L'ÉVOLUTION HOLOCÈNE DE LA VÉGÉTATION DES MONTS DE LA MADELEINE, DU FOREZ, DU LIVRADOIS ET DU PILAT (Massif central oriental, France) : L'APPORT D'UNE NOUVELLE SÉRIE D'ANALYSES PALYNOLOGIQUES



Jacqueline ARGANT* et Hervé CUBIZOLLE**

RÉSUMÉ

La partie granitique du Massif central oriental est riche en tourbières et marais. Dans cette région, les conditions physiques sont globalement favorables à la turfigenèse : pluviométrie importante - 1000 à 1500 mm selon les secteurs au-dessus de 1000 m d'altitude - et précipitations assez bien réparties sur l'année, sections de vallons et de vallées à pente modérée à douce notamment en tête de réseau hydrographique, grand nombre de formes en creux associées aux modelés glaciaires et périglaciaires, substratum granitique imperméable, formations superficielles comportant des faciès riches en fines et des niveaux compactés. Des études nombreuses réalisées au cours des soixante dernières années apportent un lot de renseignements important sur l'histoire de la végétation du Tardiglaciaire à l'Holocène. Cependant, les plus anciennes n'ont pas la précision des études actuelles et manquent de repères chronologiques absolus. Une partie des études plus récentes n'est pas encore publiée. Quatre nouvelles analyses polliniques, réparties sur quatre massifs, sont présentées ici. Elles s'inscrivent dans un projet de recensement des sites tourbeux afin de dater le début de la turfigenèse dans la plupart d'entre eux et d'évaluer le rôle éventuel de l'homme dans le processus. Etayées par 32 dates ^{14}C , leur intérêt majeur est de préciser les données jusqu'alors disponibles sur cette région. Si l'évolution holocène de la végétation est globalement similaire à celle déjà connue pour l'ensemble du Massif central, le Massif du Pilat se distingue par un comportement du hêtre et du sapin nettement différent de ce qu'il est dans les autres secteurs. Un autre apport de cette étude est la confirmation d'une emprise de l'homme relativement précoce sur les formations végétales de ces moyennes montagnes, à partir de la charnière Atlantique-Subboréal, au Néolithique moyen, autour de 5500 cal. BP. Cette mise en évidence de l'action humaine s'appuie entre autres sur de nombreuses datations radiocarbone, calages chronologiques qui font défaut à beaucoup des études antérieures et contribue utilement à la connaissance de l'occupation passée de la moyenne montagne.

Mots-clés : Palynologie, datation par le radiocarbone, indices d'anthropisation, Holocène, Massif central oriental, France.

ABSTRACT

A NEW STEP TOWARDS A SYNTHESIS OF THE HOLOCENE HISTORY OF THE VEGETATION OF THE MONTS DE LA MADELEINE, FOREZ, LIVRADOIS AND PILAT (Eastern Massif central, France)

In France, many fens and peat bogs are located in the granitic eastern part of the Massif central. In this area peat formation was determined by the climate with abundant rainfalls - from 1000 to 1500 mm above an altitude of 1000 m a.s.l. - a fair distribution of this rainfalls over the year, the topography with shallow headwaters areas, small hollows with concave bottoms and the geomorphology with glacial and periglacial land forms and deposits. During the last sixty years several pollen analyses, discussed in that paper, allows the reconstruction of the vegetation of this area back to the end of the Lateglacial. But the most ancient studies are not so precise as those of today and have often either few or even no radiocarbon dates. All these studies have not been published.

So, four new analyses were undertaken on three peat bogs and one fen. They are supported by 32 ^{14}C dates which allows us to be precise about the former available data. They are part of global research including palaeoenvironmental reconstruction, understanding the origin of the great number of holocene mires and evaluation of the role of Man in the landscape evolution since the prehistoric time. Pollen analysis shows that the changes in vegetation are very similar to what is known elsewhere in the Massif central, except in the Massif du Pilat where the dynamics of *Fagus* and *Abies* is quite different. Human influence can be noted since the end of the Atlantic period (Middle Neolithic, about 5500 cal. BP) and the numerous radiocarbon dates make it possible to have an accurate chronology and they give us a better understanding of the occupancy of the middle-range-mountain in the past.

Key-words: Pollen-analysis, radiocarbone dating, Holocene, human impact, eastern Massif central, France.

* UMR 6636 - ESEP, Grenoble et ARPA, UFR des Sciences de la Terre, Université Lyon I, 2 rue Raphaël Dubois, 69622 VILLEURBANNE cedex.

E-mail : j.argant@wanadoo.fr

** UMR 5600 CNRS, CRENAM, Université Jean Monnet, 6, rue Basse des Rives, 42023 SAINT-ETIENNE cedex 2. E-mail : herve.cubizolle@univ-st-etienne.fr

1 - INTRODUCTION

L'objectif de cet article est de proposer une synthèse sur l'évolution holocène de la végétation du Massif central oriental granitique. Cet état de la recherche se nourrit des données palynologiques publiées au cours des 60 dernières années et intègre les résultats de recherches récentes inédites (fig. 1, tab.1).

Bien que l'évolution holocène de la végétation du Massif central ait fait l'objet de très nombreuses études au cours des 30 dernières années (entre autres Beaulieu *et al.*, 1988 ; Reille *et al.*, 1992) la partie orientale et granitique du massif n'a que plus rarement attiré les spécialistes. Pourtant, objet d'intérêt pour les botanistes depuis le 19^{ème} siècle, les nombreuses tourbières qu'elle recèle donnent lieu très tôt à des études micropaléontologiques (pollen et microfossiles non polliniques) par G. Lemée (1941, 1955) et par G. Dubois et ses collaborateurs (1945, 1946). Il faut ensuite attendre les années 80 pour que, dans le cadre d'un projet ambitieux visant à reconstruire l'évolution tardi- et postglaciaire holocène de la végétation dans quatre massifs granitiques des Vosges à l'Espagne, le Professeur C.R. Janssen et son équipe du Laboratoire de Paléobotanique et de Palynologie d'Utrecht (Pays-Bas) entreprennent une série d'études, partiellement publiées, sur des tourbières des Monts du Forez. Au moins cinq autres sites de ce massif (Loge de la Morte, Colleigne, Pierre-sur-Haute, Baracuchet, Gros Fumé) ont été analysés, mais avec des résultats encore inédits (Janssen, *in letteris*). M. Reille enfin publie en 1989 une étude palynologique sur le site de La Pigne dans le secteur de

Pierre-sur-Haute, tourbière réétudiée récemment par M. Lavoie (inédit). Les études paléoécologiques sont utilement complétées par des transects de pluie pollinique actuelle dans les Bois Noirs et le Forez (Lutgerink *et al.*, 1989 ; Thébaud *et al.*, 2003).

Enfin, dans le cadre du Programme Environnement Vie Sociétés – CNRS – «Bassin versant de la Loire» (Bournouf *et al.*, 2003), H. Cubizolle met en place en 1997 un projet de recensement des sites tourbeux afin de dater le début de la turfigenèse, d'en comprendre l'origine et d'évaluer le rôle éventuel de l'homme dans ce processus (Cubizolle *et al.*, 2003). Le recours à l'analyse pollinique s'impose, d'abord pour définir la nature de l'environnement végétal au début de l'histoire de la tourbière, puis pour suivre son évolution jusqu'à la situation actuelle, en en fixant ainsi le cadre biochronologique.

Pour cela les analyses publiées constituent une première série de jalons très utiles, mais les plus anciennes souvent incomplètes (peu d'échantillons, diagrammes simplifiés, méthodes de calcul ne prenant pas en compte les herbacées) n'ont pas donné lieu à datations ¹⁴C. Par ailleurs elles ne concernent pas tous les massifs. Les données existantes ont dû être complétées par de nouvelles analyses portant sur les grands secteurs géographiques de la région.

Quatre études complètes de sites sont présentées ici et, accompagnées des études plus anciennes, elles participent à une synthèse sur l'évolution de la végétation du Massif central oriental granitique entre 1000 et 1400 m d'altitude (fig. 1) :

Nom de la Tourbière	Nbre d'éch. Pas d'échantillonnage.	Massif	Altitude	Bibliographie
L'Etui (Saint-Priest-la-Prugne, Loire)	-	Bois Noirs	1150 m	Lemée (1941)
Tourbière des Narses (Saint-Nicolas-des-Biefs, Allier)	3 -	Madeleine	1020 m	Dubois et Dubois (1946)
Tourbière du Gué-de-la-Chaux (Arcon, Loire)	19 25 cm	Madeleine	1020-1050 m	Dubois et Dubois (1946)
Tourbières des Narses de l'Eglise (La Prugne, Loire)	11 25 cm	Madeleine	1030 m	Dubois et Dubois (1946)
Tourbière du Puy de Vérine (Noirétable, Loire)	16, 17, 16 25 cm	Forez	970 m	Dubois <i>et al.</i> (1945)
Tourbière des Egaux (Valcivières, Puy-de-Dôme)	27 10 cm	Forez	1400 m	Janssen et van Straten (1982)
Gourd des Aillères (Sauvain, Loire)	79 5 cm	Forez	1350 m	Etlicher <i>et al.</i> (1987) Janssen (1990)
La Pigne (Loire)		Forez	1290 m	Reille (1989)
Le Verdier (Loire)	30 2 cm	Bois Noirs	665 m	Cubizolle <i>et al.</i> (2004 b)
Côte de Braveix (Saint-Anthème, Puy de Dôme)	42 5 cm	Forez	1350 m	Guenet et Reille (1990)
Tourbière de Ferréol (= Le Clos)(Saint-Anthème, Puy-de-Dôme)	- moyenne : 15 cm	Forez	1170 m	Lemée (1955)

Tab. 1 : Liste des tourbières pour lesquelles existe une analyse pollinique publiée.

Tab. 1: List of the peatbogs with a published pollen analysis.

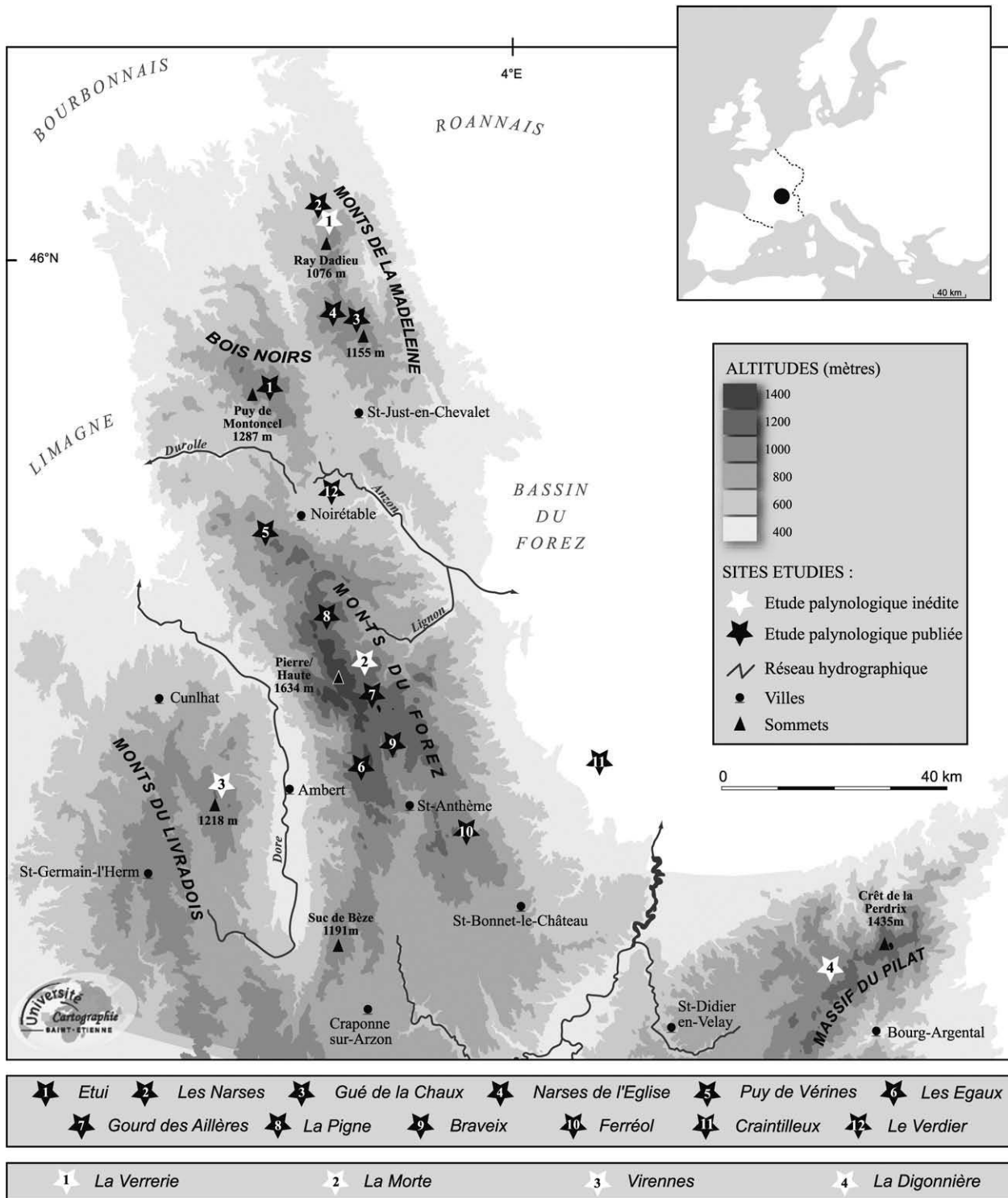


Fig. 1 : Localisation des sites du Massif central oriental granitique ayant fait l'objet d'analyses polliniques.
Fig. 1: Location of the sites of the eastern granitic Massif central where a pollen analysis has been carried on.

- Tourbière de la Verrerie (Madeleine),
- Tourbière de la Morte (Forez),
- Tourbière de la Digonnière (Pilat),
- Tourbière de Virences (Livradois).

La comparaison avec les résultats obtenus sur des sites de plus faible altitude, en moyenne montagne ou en plaine, sera aussi évoquée. Cette possibilité est offerte par la tourbière du Verdier, Bois Noirs, 665 m (Cubizolle *et al.*, 2004) ou un paléochenal de la Loire à Craintilleux, plaine du Forez, 300 m (Georges *et al.*, 2004) (fig. 1) et surtout le paléolac de Sarlièze, plaine de Limagne, (345 m), (Argant et López-Sáez, 2004).

2 - LE CADRE PHYSIQUE DES ÉTUDES : CONTEXTES CLIMATIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE

La partie du Massif central oriental concernée par cette recherche est vaste d'environ 9000 km². Les altitudes s'échelonnent entre 1642 m dans les Monts du Forez et 250 m environ au bord de la Loire, au nord de la région. Chacun des secteurs offre des possibilités de stockage de l'information paléocologique (tourbières, paléochenaux).

Globalement le climat est de type océanique mais on observe une double dégradation, continentale lorsque l'on

se déplace d'ouest en est et surtout montagnarde lorsque l'on s'élève en altitude. Les hauteurs annuelles moyennes de précipitations de l'ordre de 700 mm dans les bassins augmentent rapidement avec l'altitude pour dépasser 1500 mm sur les hautes terres. La variabilité interannuelle peut être forte comme à la station de Noirétable (716 m d'altitude) dans un secteur exposé aux vents d'ouest, où on a mesuré 952,8 mm de moyenne annuelle sur la période 1946-1965, mais 1442,7 mm pour l'année 1968.

Les oppositions entre versants occidentaux exposés aux vents pluvieux et versants orientaux abrités sont marquées, notamment dans les Monts du Forez où la direction subméridienne des lignes de crête, les altitudes élevées et la vigueur des dénivelés favorisent les vents de foehn (Suchel, 1990).

Les influences montagnardes et continentales sont révélées par les températures : sur la période 1961-1980 (données Météo-France) les moyennes annuelles ne sont jamais supérieures à 10°C sauf localement dans les bassins ; à 1634 m d'altitude, les moyennes mensuelles varient de 0,6°C en janvier à 6,1°C en juillet ; à 374 m ces valeurs sont respectivement de 4,9°C et 16°C.

Le contexte géomorphologique est caractérisé par la distinction entre les montagnes granito-gneissiques et les bassins sédimentaires intramontagnards. Des sommets des massifs aux bords de la Dore et de la Loire, l'étagement des modelés montre la succession suivante (Etlicher, 1986) :

- Les modelés hérités des périodes glaciaires ne sont présents que dans les Monts du Forez où ils couvrent une grande partie des hautes Chaumes au-dessus de 1200 m d'altitude.

- Le domaine périglaciaire s'étend quant à lui sur tout le territoire étudié. En montagne il se caractérise notamment par l'abondance des arènes remaniées à blocs.

- Les bassins sédimentaires se singularisent par l'importance relative des surfaces alluviales, la présence de modelés volcaniques et le développement de vastes plaines dégagées dans des formations à dominante sableuse.

3 - MÉTHODOLOGIE

3.1 - DÉTERMINATION DE L'EMPLACEMENT DES PRÉLÈVEMENTS

Lors d'une première étape, le site est replacé dans ses contextes hydrologique et morpho-pédologique, à l'échelle du bassin versant.

La seconde étape consiste en la réalisation de profils topographiques associés à des sondages au carottier manuel russe et au carottier sédimentaire motorisé. L'ensemble des informations collectées permet de restituer les stratigraphies (Cubizolle et Georges, 2002 ; Cubizolle *et al.*, 2004a). Ce n'est qu'après avoir obtenu tout ou partie des résultats des analyses sédimentologiques et des datations par le radiocarbone que l'emplacement des carottages palynologiques est choisi. Ceux-ci sont réalisés au carottier manuel russe dont le corps présente un diamètre de 55 mm pour une longueur de 60 cm.

3.2 - DATATIONS

Elles ont été effectuées par le Centre de Datations Radiocarbone de l'Université de Lyon I et par le Laboratoire américain Beta-Analytic de Miami. Les dates radiocarbone sont exprimées en BP avec une marge d'erreur correspondant à la déviation standard, soit un degré de confiance de 68,3 % de probabilité. Les âges en années réelles sont données avec un degré de confiance de 95,4 % de probabilité (Evin *et al.*, 1998 ; Stuiver *et al.*, 1998). Dans le texte et dans les diagrammes, seul figure le milieu de l'intervalle des dates en cal. BP, afin d'alléger la présentation des données. Le lecteur se reportera aux références et aux diverses expressions complètes de ces dates dans le tableau 2.

3.3 - ÉCHANTILLONNAGE ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS PALYNOLOGIQUES

Les prélèvements ont généralement été effectués avec un pas d'échantillonnage de 4 cm, parfois resserré à 2 ou 3 cm. La somme pollinique comprend tous les grains de pollen et les spores de plantes vasculaires, sans exclusion. Les spores de sphaignes elles, parfois abondantes, ont été comptées mais sans être prises en compte dans la somme pollinique. Les grains de pollen à ballonnets fragmentés sont comptés pour un demi grain et les amas de grains d'un même taxon pour un grain. Les taxons d'arbres et d'herbacées correspondant à un faible nombre de grains rencontrés dans un petit nombre d'échantillons sont regroupés sous le terme de «varia».

La méthode de concentration en liqueur dense (Thoulet *d* = 2) utilisée pour les sédiments minéraux (Argant, 1990) a été généralement appliquée, la tourbe étant très souvent chargée en particules minérales (souvent argileuses, parfois sableuses).

4 - RÉSULTATS DES ANALYSES

Les résultats des quatre analyses concernant La Verrière, La Morte, La Digonnière et Virennnes sont résumés sous forme de diagrammes (fig. 3, 5, 7, 9) et de tableaux (tab. 3 à 6) donnant la zonation pollinique locale, établie et commentée en fonction des principales variations de pourcentages des taxons dominants. Les principaux indices polliniques d'anthropisation (IPA) sont également signalés. La chronozone s'appuie d'une part sur le cadre biostratigraphique solide établi sur la plupart des régions du Massif central par le Laboratoire de botanique historique et de palynologie de Marseille (Beaulieu *et al.*, 1988 ; Reille *et al.*, 1992) et, d'autre part, sur trente-deux dates ¹⁴C, réunies dans le tableau 2. Pour l'essentiel, la stratigraphie, figurée à gauche des diagrammes, est sensiblement la même pour tous les sites étudiés. À partir de la surface, la tourbe mousseuse brun clair devient en profondeur progressivement brun foncé, puis noire, formant une couche de plus en plus riche en particules minérales et organiques très fines qui s'enrichit progressivement en graviers au contact du granite altéré. Cette couche intermédiaire entre tourbe et arène granitique se prête à la datation par le radiocarbone car elle est riche en matière

organique. Il convient cependant de tenir compte du fait que ce matériel peut avoir été remanié ou/et affecté par la bioturbation. Aussi quelques précautions ont été prises pour le calage chronologique de ces faciès organominéraux : la datation n'est jamais isolée mais inscrite dans une série qui concerne toute la colonne étudiée ; si l'échantillon contenait du bois, celui-ci a été séparé de la matière organique et fait l'objet d'une datation spécifique ; les datations sont systématiquement confrontées aux résultats de l'analyse pollinique ; enfin les études palynologiques inédites présentées dans cet article ont porté sur des sites ayant fait par ailleurs l'objet de très

nombreuses datations pour le radiocarbone réalisées dans le cadre d'un travail sur la signification paléoenvironnementale du démarrage de la turfigenèse à l'Holocène (Cubizolle, *inédit*).

5 - SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Elle repose à la fois sur les quatre analyses décrites ici et sur des études déjà publiées (tab. 1). Faute d'éléments nouveaux pour le Tardiglaciaire, uniquement présent au Gourd des Aillères (Janssen, 1990), la synthèse ne concernera que l'Holocène.

Site	Profondeur en cm	Date radiocarbone conventionnelle	Date calibrée à 2 sigma en années réelles	Date médiane en années cal.BP	Code laboratoire	Matériel
la Verrerie	-463	9570 +/- 40 BP	9170 / 8770 av. J-C.	10920 cal.BP	Beta-189914	sable et graviers peu organiques
la Verrerie	-459	9010 +/- 50 BP	8280 / 8190 av. J-C.	10185 cal.BP	Beta-189915	sable et graviers organiques
la Verrerie	-455	8760 +/- 50 BP	8150 / 7610 av. J-C.	9980 cal.BP	Beta-189916	sable et graviers organiques
la Verrerie	-451	8400 +/- 50 BP	7560 / 7340 av. J-C.	9400 cal.BP	Beta-189917	sable et graviers très organiques
la Verrerie	-447	8060 +/- 50 BP	7100 / 6830 av. J-C.	8915 cal.BP	Beta-189918	tourbe minérale
la Verrerie	-435	7760 +/- 40 BP	6660 / 6480 av. J-C	8520 cal.BP	Beta-193714	
la Verrerie	-418/-416	7180 +/- 60 BP	6200 / 5919 av. J-C.	8009 cal.BP	LY-2239 (OxA)	sable et graviers organiques
la Verrerie	-404/-402	5520 +/- 105 BP	4549 / 4051 av. J-C.	6250 cal.BP	LY-11571	sable et graviers organiques
la Verrerie	-374/-372	5070 +/- 75 BP	4036 / 3668 av. J-C.	5802 cal.BP	LY-11930	tourbe
la Verrerie	-342	4840 +/- 40 BP	3680 / 3530 av. J-C.	5555 cal. BP	Beta-193713	tourbe
la Verrerie	-306	4350 +/- 40 BP	3080 / 2890 av. J-C.	4935 cal. BP	Beta-193712	tourbe
la Verrerie	-209/-207	3490 +/- 35 BP	1884 / 1694 av. J-C.	3739 cal. BP	LY-2520 (OxA)	tourbe
la Verrerie	-252/-248	3755 +/- 35 BP	2284 / 2039 av. J-C.	4111 cal. BP	LY-2310 (OxA)	tourbe
la Verrerie	-187/-185	3325 +/- 35 BP	1687 / 1521 av. J-C.	3554 cal. BP	LY-2519 (OxA)	tourbe
la Verrerie	-115/-113	2925 +/- 35 BP	1257 / 1005 av. J-C.	3081 cal. BP	LY-2518 (OxA)	tourbe
la Morte	-395/-393	3885 +/- 100 BP	2618 / 2039 av. J-C.	4278 cal. BP	LY-10760	tourbe minérale
la Morte	-383/-380	3375 +/- 70 BP	1878 / 1517 av. J-C.	3597 cal. BP	LY-10763	tourbe
la Morte	-322/-319	2425 +/- 75 BP	792 / 383 av. J-C.	2237 cal. BP	LY-10762	tourbe
la Morte	-231/-228	1930 +/- 80 BP	93 av. J-C. / 244 ap. J-C.	1874 cal. BP	LY-10761	tourbe
la Morte	-161/-157	1520 +/- 45 BP	428 / 640 ap. J-C.	1416 cal. BP	LY-1814 (GrA-20817)	tourbe
la Digoñnière	-220/-218,5	8720 +/- 60 BP	8000 / 7550 av. J-C.	9725 cal. BP	LY-1593 (GrA-19330)	sable et graviers organiques
la Digoñnière	-204/-202,5	8270 +/- 85 BP	7524 / 7065 av. J-C.	9244 cal. BP	LY-10859	tourbe minérale
la Digoñnière	-188/-186,5	8125 +/- 105 BP	7467 / 6707 av. J-C.	9037 cal. BP	LY-11835	tourbe
la Digoñnière	-172/-170,5	5880 +/- 80 BP	4937 / 4544 av. J-C.	6690 cal. BP	LY-10890	tourbe
la Digoñnière	-148/-146,5	4510 +/- 95 BP	3509 / 2910 av. J-C.	5160 cal. BP	LY-11834	tourbe
la Digoñnière	-120/-118,5	4325 +/- 95 BP	3332 / 2676 av. J-C.	4954 cal. BP	LY-10891	tourbe
la Digoñnière	-100/-98,5	3010 +/- 85 BP	1435 / 1000 av. J-C.	3167 cal. BP	LY-10858	tourbe
Virennnes	-195/-192	3294 +/- 49 BP	1687 / 1448 av. J-C.	3517 cal. BP	UtC-9150	tourbe minérale
Virennnes	-180/-177	2214 +/- 38 BP	286 / 173 av. J-C.	2180 cal. BP	UtC-7513	tourbe
Virennnes	-165/-162	1336 +/- 45 BP	642 / 860 ap. J-C.	1200 cal. BP	UtC-9151	tourbe
Virennnes	-136/-140	640 +/- 40 BP	1295 / 1420 ap. J-C.	592 cal. BP	Beta-125241	tourbe
Virennnes	-120/-117	564 +/- 42 BP	1301 / 1444 ap. J-C.	577 cal. BP	UtC-9152	tourbe
Virennnes	-95/-94	160 +/- 40 BP	1660 / 1950 ap. J-C.	145 cal. BP	Beta-125242	tourbe

Tab. 2 : Massif central oriental. Dates radiocarbone obtenues sur les tourbières de La Verrerie, La Morte, La Digoñnière, Virennnes.
Tab. 2: Eastern Massif central. Radiocarbon dates obtained on the peatbogs of La Verrerie, La Morte, La Digoñnière, Virennnes.

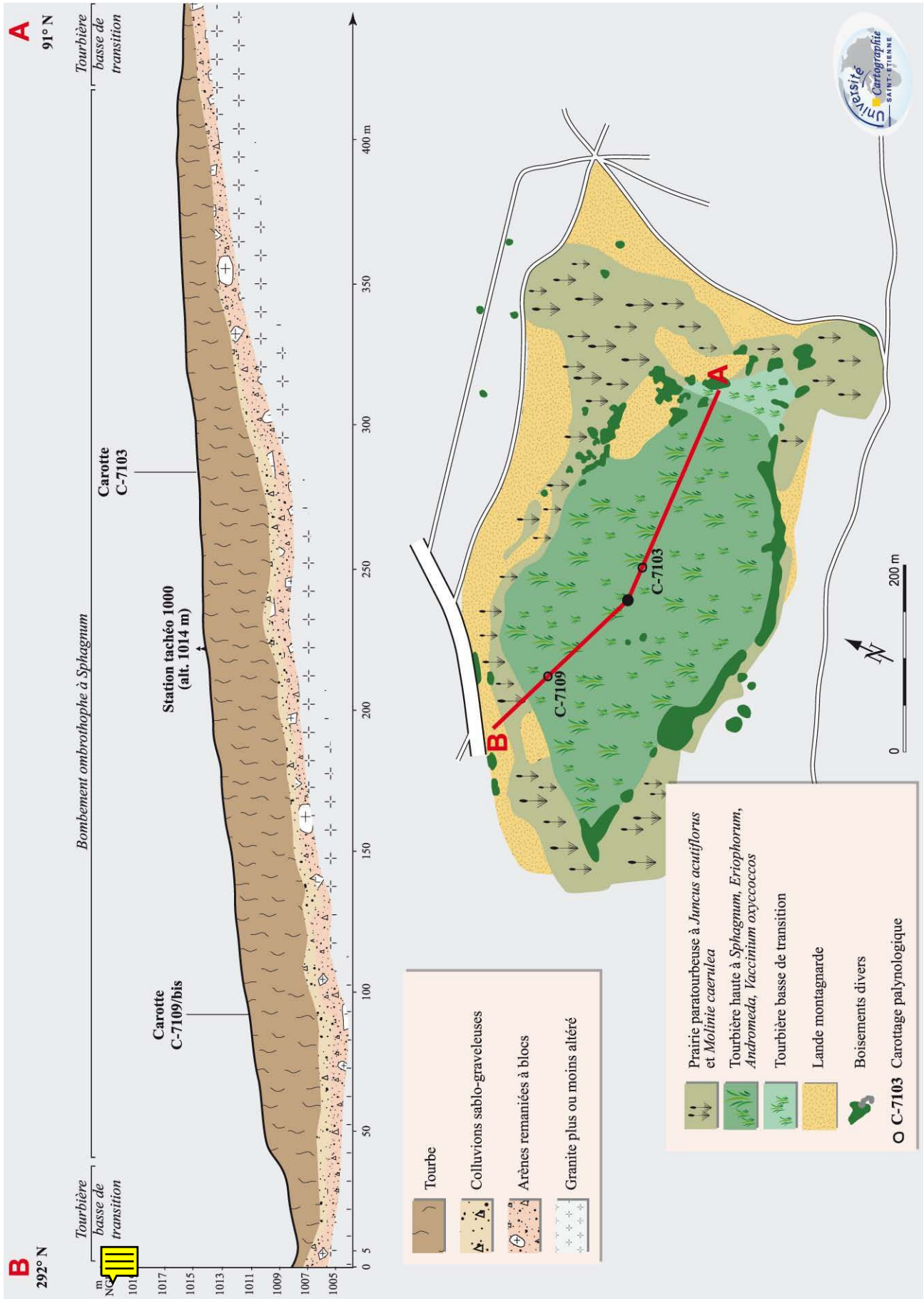
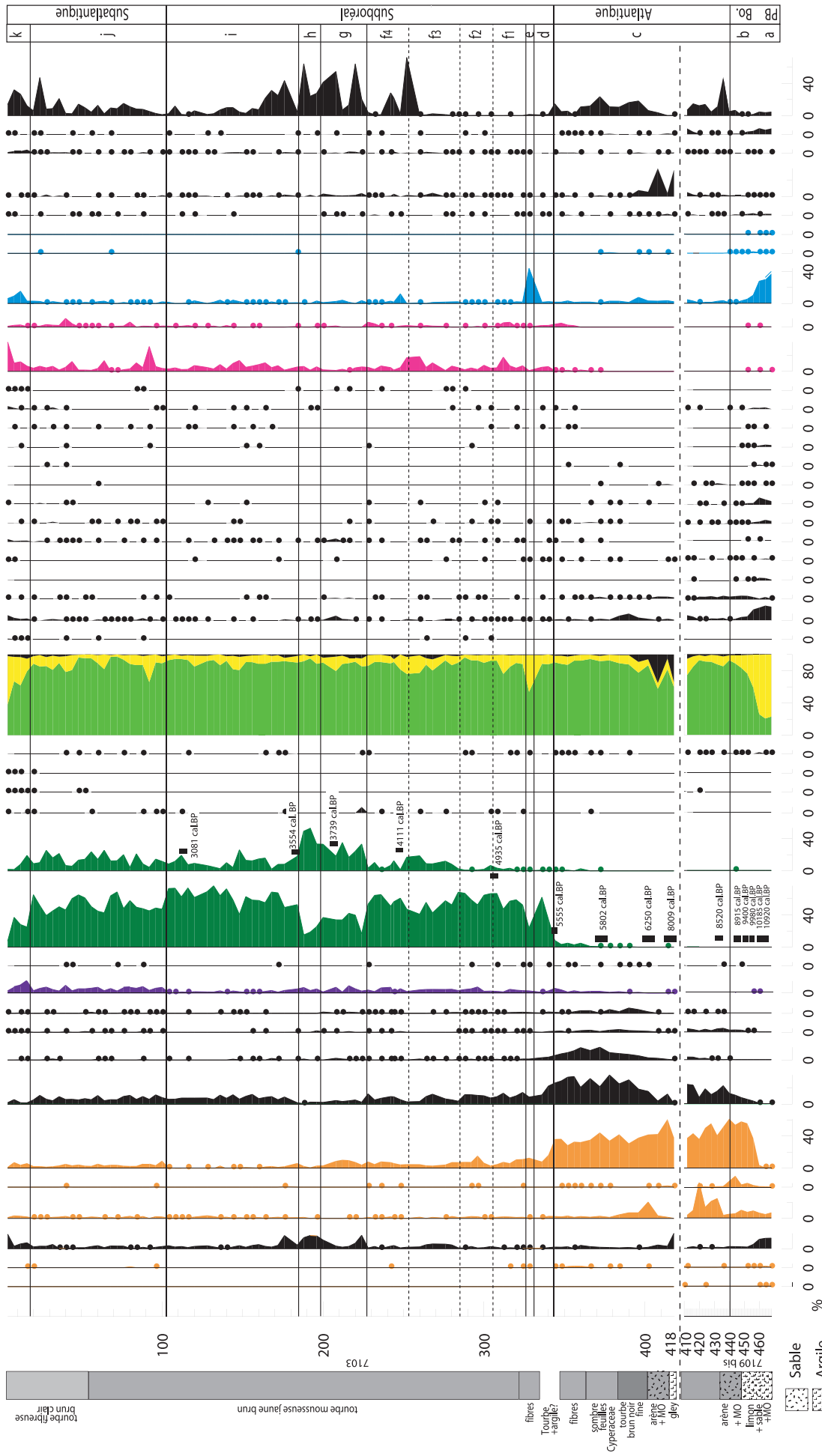


Fig. 2 : La Verrerie. Localisation de la carotte étudiée sur le profil morphopédologique de la tourbière.
 Fig. 2: La Verrerie. Location of the studied core on the morphopedological section of the peatbog.

Tourbière de la VERRERIE - Saint-Rirand (Loire) - 1015 m
Monts de la Madeleine

Chronozones
Biomes
Subantique
Subboréal
Atlantique
PB Bo.



Analyse : J. ARGANT - 2003

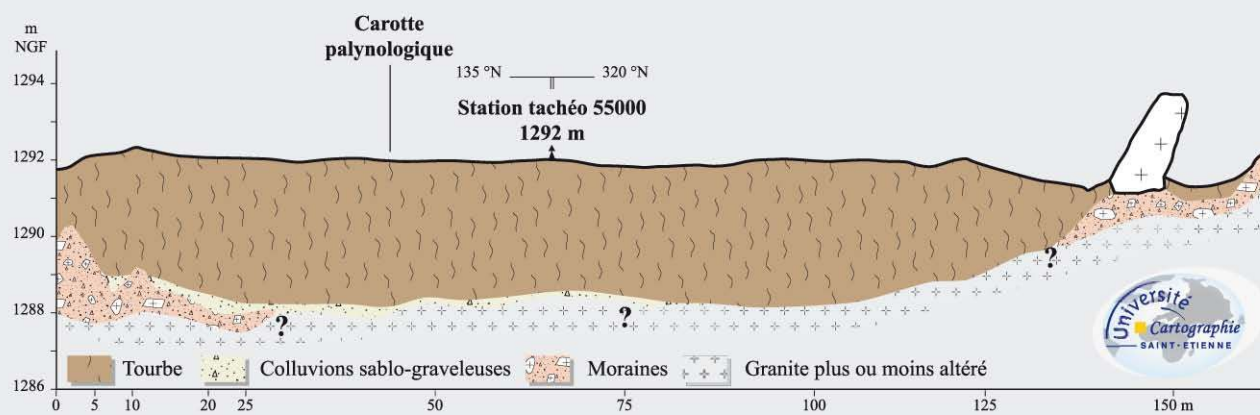
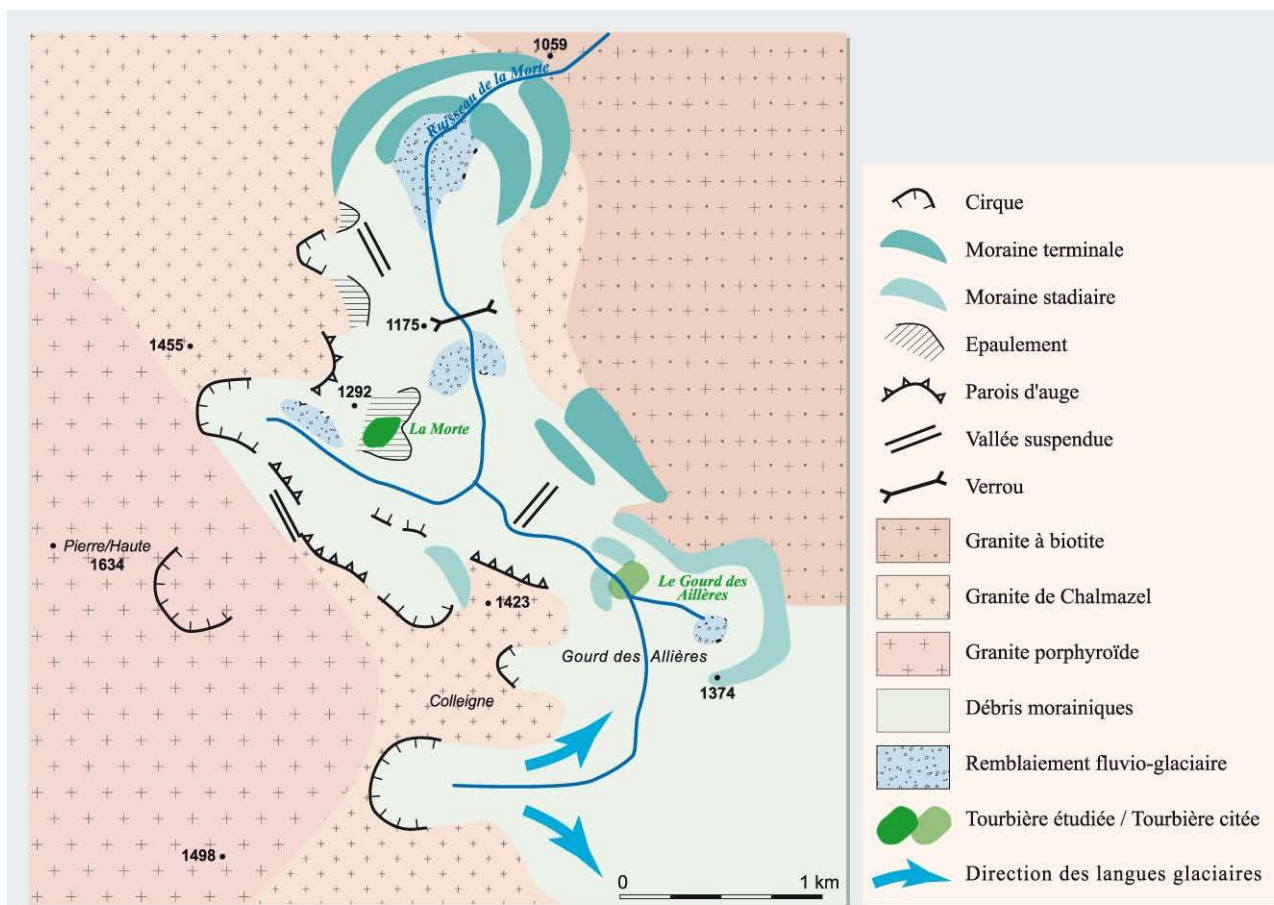
Fig. 3 : La Verrerie. Diagramme pollinique.
Fig. 3: La Verrerie. Pollen diagram.

■ date médiane en années cal.BP (cf. tabl. 2)

Sable
Argile
Tourbe

Tourbière de la Verrerie – Situation et diagramme : fig. 2 et 3						
Situation : Saint-Rirand (Loire), bassin du Renaison, 1015 m - 46°03'40" N - 3°48'37"E (fig. 2)						
Environnement actuel : prairies de fauche ; plantations de conifères (sapin, épicéa, Douglas)						
Echantillonnage : 109 échantillons (94 sur VER.7103 de 0 à 418 cm et 15 sur VER.7109 bis complémentaire, de 411 cm à 467 cm)						
Bio zones	Prof (cm)	Chrono zones	Datations ¹⁴ C cal.BP et BP	Description	Indices polliniques d'anthropisation (IPA)	
VER k	4	Subatlantique		Tous les taxons forestiers atteignent leur minimum dans le dernier échantillon proche de la surface, reflétant la situation subactuelle. Le pourcentage total des arbres devient inférieur à 50 % ; le paysage est très ouvert. Seul le pin reprend de l'importance.	- Poaceae, <i>Cerealia</i> (courbe continue), <i>Plantago</i> , <i>Rumex</i> , <i>Urticaceae</i> - <i>Juglans</i> -> permanence des activités humaines à proximité de la tourbière	
	12					
VER j	16			L'importance croissante du déboisement entraîne le retour de <i>Corylus</i> et <i>Alnus</i> , et l'augmentation des taux de <i>Calluna</i> et de <i>Vaccinium</i> .	- apparition irrégulière de <i>Cerealia</i>	
	100					
VER i	104	Subboréal	3080 cal.BP (2925±35 BP)	Hêtraie et chênaie retrouvent globalement leur importance antérieure (cf. VER.f) mais continuent à subir des coupes répétées, tout comme <i>Abies</i> qui oscille entre 2 et 24 %, en anticoincidence avec les feuillus.	-	
	184		3554 cal.BP (3325±35 BP)			
VER h	188			La pression sur <i>Fagus</i> et <i>Quercus</i> s'accroît et le développement (ou la perception ?) du sapin (50 %) et du pin atteint son maximum.	-disparition des IPA	
	192					
VER g	196		3739 cal.BP (3490±35 BP)	Comme en VER.f <i>Fagus</i> subit de nouvelles coupes auxquelles répond encore le retour de <i>Pinus</i> , <i>Corylus</i> , <i>Alnus</i> , fougères... <i>Abies</i> s'affirme, mais l'ouverture du milieu provoquée par les coupes de hêtre peut aussi favoriser la perception du pollen de sapin sans que celui-ci ne connaisse une réelle expansion.	-poussée de Poaceae et <i>Plantago</i> activité pastorale dans les clairières.	
	224					
VER f	4		228	4111 cal.BP (3755±35 BP)	<i>Fagus</i> se régénère, mais <i>Abies</i> semble faire maintenant les frais d'une exploitation profitant à <i>Alnus</i> , <i>Corylus</i> et <i>Pinus</i> .	-disparition des IPA
			248			
	3		252		La phase de déboisement précédente se poursuit : en témoignent le développement de <i>Calluna</i> , des fougères et de <i>Pinus</i> , la régression de <i>Quercus</i> et <i>Fagus</i> . <i>Abies</i> semble profiter de l'éclaircissement pour se développer.	- <i>Cerealia</i>
			272			
	2	274		L'essor d' <i>Abies</i> et de <i>Fagus</i> est temporairement interrompu à 292-296 cm où se constate, en même temps, une légère remontée des pourcentages d'héliophiles, <i>Corylus</i> et <i>Alnus</i> . Les clairières ouvertes dans la hêtraie paraissent bien d'origine anthropique, car des indices de cultures apparaissent.	-première notation de <i>Cerealia</i>	
	1	304	4935 cal.BP (4350±40 BP)	Malgré le retour rapide de <i>Fagus</i> des espaces libres occupés par <i>Calluna</i> et <i>Vaccinium</i> subsistent. <i>Abies</i> amorce une courbe continue.	-	
324						
VER e	328			Cet épisode très court caractérisé par un brusque développement des Cyperaceae et la chute relative de <i>Fagus</i> (->30 %) reflète une ouverture momentanée du milieu	-	
VER d	336			<i>Fagus</i> prend rapidement l'avantage (-> 50 %), toutes les essences de la chênaie périssent ainsi que <i>Corylus</i> . <i>Pinus</i> et <i>Betula</i> ne jouent pratiquement plus aucun rôle. La strate herbacée est extrêmement réduite, mais on voit se développer <i>Calluna</i> ce qui coïncide avec un arrêt de la fructification des sphaignes (assèchement local ?).	-	
	342		5555 cal.BP (4840 ±40 BP)			
VER c	344	Atlantique	5802 cal.BP (5070 ± 35BP)	Le développement de <i>Quercus</i> s'amorce (->35 %) tandis que <i>Fraxinus</i> et <i>Tilia</i> démarrent pour atteindre rapidement leur optimum. Bien que toujours abondant <i>Corylus</i> commence à décroître alors que <i>Betula</i> connaît un bref succès. Le milieu se ferme ce qui entraîne bientôt la régression du bouleau et des fougères. Les premiers grains de pollen de <i>Fagus</i> indiquent l'arrivée progressive de ce taxon. Sa courbe continue s'amorce à 372 cm tandis qu'apparaissent des grains isolés de pollen d' <i>Abies</i> . Les <i>Poaceae</i> régressent fortement mais les <i>Ericaceae</i> , dont <i>Calluna</i> , commencent à se développer car des clairières subsistent.	-	
	442		6250 cal.BP (5520 ± 105 BP)	8009 cal.BP (7180 ± 60 B)	8520 cal.BP (7760±40 BP)	
VER b	444	Boréal	8915 cal.BP (8060 ± 50 BP)	Les herbacées steppiques régressent totalement Cette zone est caractérisée par la brusque ascension de <i>Corylus</i> (>50 %). Le développement plus modeste de <i>Salix</i> et localement de <i>Betula</i> suppose la présence de clairières. <i>Quercus</i> et <i>Ulmus</i> apparaissent en courbe continue.	-	
	459		9400 cal.BP (8400 ± 50 BP)	9980 cal.BP (8760 ± 50 BP)		
VER a	459	Pré boréal	10185 cal.BP (9010±50 BP)	Les herbacées, abondantes et variées (80 % env.), évoquent un paysage très ouvert sous conditions climatiques rigoureuses. Les arbres se limitent à <i>Pinus</i> et <i>Betula</i> , quelques grains de pollen de <i>Juniperus</i> et <i>Ephedra</i> apparaissent.	-	
	467		10920 cal.BP (9630±40 BP)			

Tab. 3 : Monts de la Madeleine. La Verrerie. Résultats de l'analyse pollinique.
Tab. 3: Monts de la Madeleine. La Verrerie. Results of the pollen analysis.

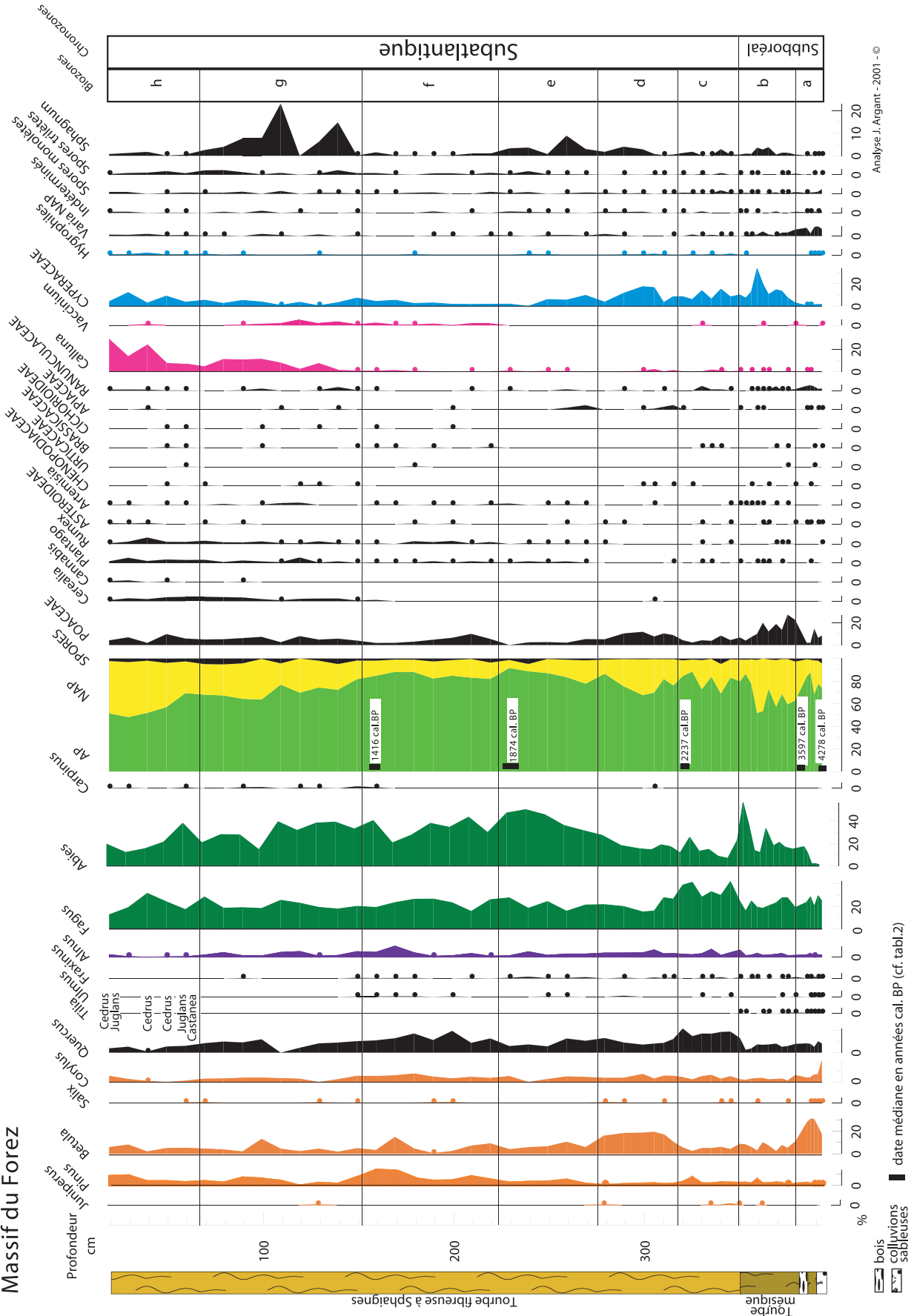


Mosaïque de buttes et de schlenken sur la tourbière haute de la Morte dans les Monts du Forez (altitude moyenne 1290 m).



Fig. 4 : La Morte. Localisation de la carotte étudiée sur le profil morphopédologique de la tourbière.
Fig. 4: La Morte. Location of the studied core on the morphopedological section of the peatbog.

Tourbière de la MORTE . Sauvain (Loire). 1292 m
Massif du Forez



Analyse J. Argant - 2001 - ©

Fig. 5 : La Morte. Diagramme pollinique.
Fig. 5: La Morte. Pollen diagram.

Tourbière de la Morte – Situation et diagramme : fig. 4 et 5					
Sauvain (Loire), bassin de la Morte, 1292 m - 45°39'38" N – 3°49'39"E					
Environnement actuel : hêtraie-sapinière					
Echantillonnage : 53 échantillons (19 à 393 cm)					
Bio zones	Prof (cm)	Chrono zones	Datations ¹⁴ C cal.BP et BP	Description	Indices polliniques d'anthropisation (IPA)
MTE h	19	Subatlantique		La poursuite des coupes forestières affectant surtout <i>Quercus</i> et <i>Abies</i> entraîne une chute prononcée de la courbe des pollens d'arbres, ponctuée comme dans les phases précédentes par la remontée de <i>Betula</i> et <i>Pinus</i> . À noter quelques pollens de <i>Cedrus</i> (le cèdre) indiquant la plantation de cet arbre.	Apparition de <i>Juglans</i> et <i>Castanea</i> <i>Cannabis</i> Hausse de <i>Cerealia</i> et des apophytes dont <i>Centaurea cyanus</i>
	65				
MTE g	69			Cette zone pollinique correspond à une importante reprise de la croissance des Sphaignes, donc, de nouveau, à la saturation en eau du sol. Pourtant <i>Calluna</i> et <i>Vaccinium</i> commencent alors à se développer. Les arbres (<i>Quercus</i> , <i>Fagus</i> , <i>Abies</i>) font toujours l'objet d'une exploitation entraînant de nouveau une extension temporaire du bouleau et du pin.	Courbe continue de <i>Cerealia</i> (dont <i>Secale</i>) <i>Plantago</i> -> 5%, <i>Rumex</i> , <i>Artemisia</i>
	150				
MTE f	154		1416 cal.BP (1520±45 BP)	Les spores de <i>Sphagnum</i> se raréfient et les Cyperaceae reculent fortement tandis que les Poaceae se développent à nouveau et <i>Calluna</i> apparaît, indiquant une réduction de l'humidité édaphique (par drainage volontaire de la cuvette tourbeuse ?). Les courbes des arbres (<i>Fagus</i> , <i>Abies</i> , <i>Quercus</i>) subissent des fluctuations évoquant des coupes répétées. Deux nouvelles poussées de <i>Betula</i> viennent confirmer ces nouveaux épisodes d'éclaircissement forestier. L'assèchement et l'ouverture du milieu profitent également à <i>Pinus</i> dont les taux atteignent jusqu'à 12 %.	- <i>Plantago</i> , <i>Rumex</i> - <i>Cerealia</i>
	220				
MTE e	224		1874 cal.BP (1930±80 BP)	On observe deux "creux" dans la courbe de <i>Fagus</i> , et une nouvelle régression de <i>Quercus</i> , mais on assiste par contre à l'essor d' <i>Abies</i> dont les taux atteignent jusqu'à 50 %.	Début courbe continue de <i>Plantago lanceolata</i> et présence régulière d' <i>Artemisia</i> .
	275				
MTE d	279			Tous les arbres reculent, sauf les taxons héliophiles (<i>Betula</i> en particulier) Ceci indique d'importantes coupes forestières, et en corollaire une nouvelle extension des clairières occupées principalement par les Poaceae et les Cyperaceae.	Première notation de <i>Cerealia</i> .
	320				
MTE c	324	2237 cal.BP (2425±75 BP)	<i>Fagus</i> et <i>Quercus</i> poursuivent leur extension. Le milieu forestier se referme : Poaceae et Cyperaceae diminuent et certains taxons caractéristiques des coupes et lisières ou des prairies humides disparaissent tels <i>Valeriana</i> , <i>Melampyrum</i> , <i>Polygonum bistorta</i> ...Le recul d' <i>Abies</i> traduit soit une exploitation de cet arbre soit une moindre perception de son pollen liée à la progression de la chênaie-hêtraie.	Baisse des IPA :	
	350				
MTE b	354		La chute du taux de pollen de <i>Betula</i> et de <i>Corylus</i> , accompagne l'extension d' <i>Abies</i> (-> 7 à 56,4%), de <i>Fagus</i> (-> 28 %) et <i>Quercus</i> (-> 38 %). <i>Tilia</i> disparaît. Les Poaceae et les Cyperaceae s'accroissent, accompagnées régulièrement de rudérales évoquant une activité pastorale dans les zones défrichées. La présence de <i>Melampyrum</i> pourrait être due à l'utilisation du feu.	Rudérales : <i>Artemisia</i> , <i>Rumex</i> , <i>Plantago</i> , <i>Chenopodiaceae</i> , <i>Urticaceae</i> , <i>Brassicaceae</i> , <i>Cichorioideae</i> , <i>Anthemideae</i> , <i>Apiaceae</i> .	
	380				
MTE a	384	3597 cal.BP (3375±70 BP)	Les spectres de cette zone traduisent un milieu partiellement ouvert (PA compris entre 63 et 84 %), à grande diversité biologique. Les arbres les plus exigeants en lumière (<i>Betula</i> [17 à 30 %], <i>Corylus</i> [6 à 18 %] ou <i>Alnus</i> [0,7 à 3,5 %]) peuvent prospérer aux côtés de <i>Fagus</i> (20 à 30%), <i>Quercus</i> (5 à 10 %), <i>Fraxinus</i> (0,3 à 1,6 %) et, très faiblement représentés (moins de 1 %), <i>Tilia</i> , <i>Ulmus</i> et <i>Salix</i> . <i>Abies</i> est également présent d'abord en très faible quantité (1,3 à 2,2 %) prend rapidement de l'importance (11 à 21 %). Les Poaceae sont relativement abondantes (8 à 22 %) parmi un riche cortège d'herbacées de prairies ou de lisières humides prouvant l'existence de clairières.	-	
	393	4278 cal.BP (3885±100 BP)			

Tab. 4 : Forez. La Morte. Résultats de l'analyse pollinique.

Tab. 4: Forez. La Morte. Results of the pollen analysis.

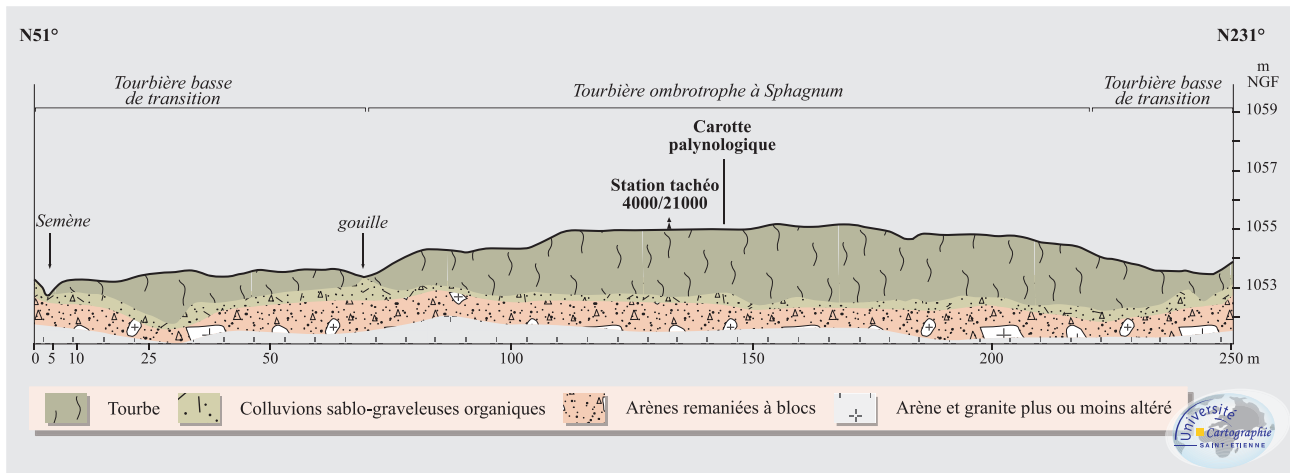


Fig. 6 : La Digonnière. Localisation de la carotte étudiée sur le profil morphopédologique de la tourbière.
 Fig. 6: La Digonnière. Location of the studied core on the morphopedological section of the peatbog.

5.1 - DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION

Globalement, du massif de la Madeleine au nord au massif du Pilat au sud, les grandes lignes de la dynamique de la végétation holocène confirment ce que décrivent les études existant pour différentes régions du Massif central (Lemée, 1953 ; Guenet, 1986 ; Beaulieu *et al.*, 1984 ; 1988 ; Vergne, 1989 ; Reille *et al.*, 1992 ; Miras, 2004). On y retrouve la chronologie classique en Europe, caractérisée d'après ces travaux par :

- L'expansion brutale au Boréal (entre 10750 et 10200 cal. BP environ) de *Corylus*, succédant à un boisement en *Pinus* et *Betula* d'importance variable suivant les régions.
- Dans le même temps, l'installation puis l'expansion de *Quercus* et *Ulmus* d'abord, puis *Tilia* et *Fraxinus*, tandis que *Corylus* reste abondant (Atlantique).
- Au moment de l'optimum de *Quercus* et de *Tilia*, l'arrivée de *Fagus* et d'*Abies* entre 6600 et 4700 cal. BP.
- L'essor de ces deux taxons et leur règne jusqu'à 2700 cal. BP, allant de pair avec l'effacement de la chênaie et la manifestation du premier impact général de l'homme sur la végétation (Subboréal).
- Le démantèlement du couvert forestier lié à la progression des cultures et du pastoralisme (2700 cal. BP - actuel ; Subatlantique).

Dans le détail cependant l'histoire de la végétation se nuance d'une région à l'autre. Les différences portent à la fois sur les dates d'apparition et d'extension de certains taxons et sur leur importance relative. Sur ce sujet il est possible maintenant de préciser davantage le statut de l'ensemble formé par les Monts de la Madeleine, le Forez, le Livradois et le Pilat par rapport aux autres régions en examinant les principaux taxons forestiers. A titre de comparaison avec les milieux de plaine il sera fait surtout référence au site lacustre de Sarliève en Limagne (384 m d'altitude) au sud-est de Clermont-Ferrand, à 50 km environ à l'ouest des sommets du Forez (Argant et López-Sáez, 2004).

- *Corylus*, *Ulmus*, *Quercus* et *Tilia* (fig. 10)

L'arrivée de *Corylus* puis son expansion ne peuvent être saisies qu'à la Verrerie dans les Monts de la Madeleine. Quelques grains isolés de cet arbre sont notés autour de 10920 cal. BP (Beta-189914), puis son extension se fait brutalement avec une stabilisation rapide des pourcentages à 60 %, marquant le début du Boréal, autour de 9980 cal. BP (Beta-189916), date sensiblement plus tardive que l'âge moyen de 10730 cal. BP retenu par Beaulieu *et al.* (1988) pour cet événement dans l'ensemble du Massif central. En même temps, *Ulmus* apparaît en pourcentages très faibles. Par la suite aucun site ne verra une extension importante de cet arbre dont les taux demeureront toujours inférieurs à 5 %.

Toujours dans les Monts de la Madeleine, les grains isolés de *Quercus* sont notés depuis la base du sondage autour de 10920 cal. BP attestant de sa présence dans la région depuis cette date au moins, mais le début de son expansion (taux ≥ 20 %) se situe aux environs de 8915 cal. BP, au moment où les taux de *Corylus* commencent à fléchir.

L'installation de ces trois taxons coïncide comme partout ailleurs dans le Massif central avec la représentation limitée de *Betula*, la raréfaction de *Pinus* et une baisse significative des Cyperaceae, cette dernière étant la manifestation locale de la phase de relative sécheresse également constatée partout à cette époque boréale (*ibid.*).

Une courbe continue de *Tilia* s'amorce, autour de 9037 cal. BP (LY-11835) à La Digonnière dans le Pilat. Au nord, à La Verrerie, cet événement est plus tardif puisque daté autour de 8520 cal. BP (Beta-193714), ce qui représente un décalage important de l'ordre de 5 siècles signalant une différence notable entre Monts de la Madeleine et Pilat (fig. 10).

Partout, *Corylus* reste en pourcentages élevés, de l'ordre de 50 %, pendant tout l'Atlantique où il constitue avec *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus* et *Fraxinus* l'essentiel du milieu forestier. Cette persistance n'est pas particulière au domaine montagnard car elle s'observe également en Limagne à Sarliève (fig. 11).

Tourbière de la DIGONNIÈRE (Loire) - 1055 m
 Massif du Pilat

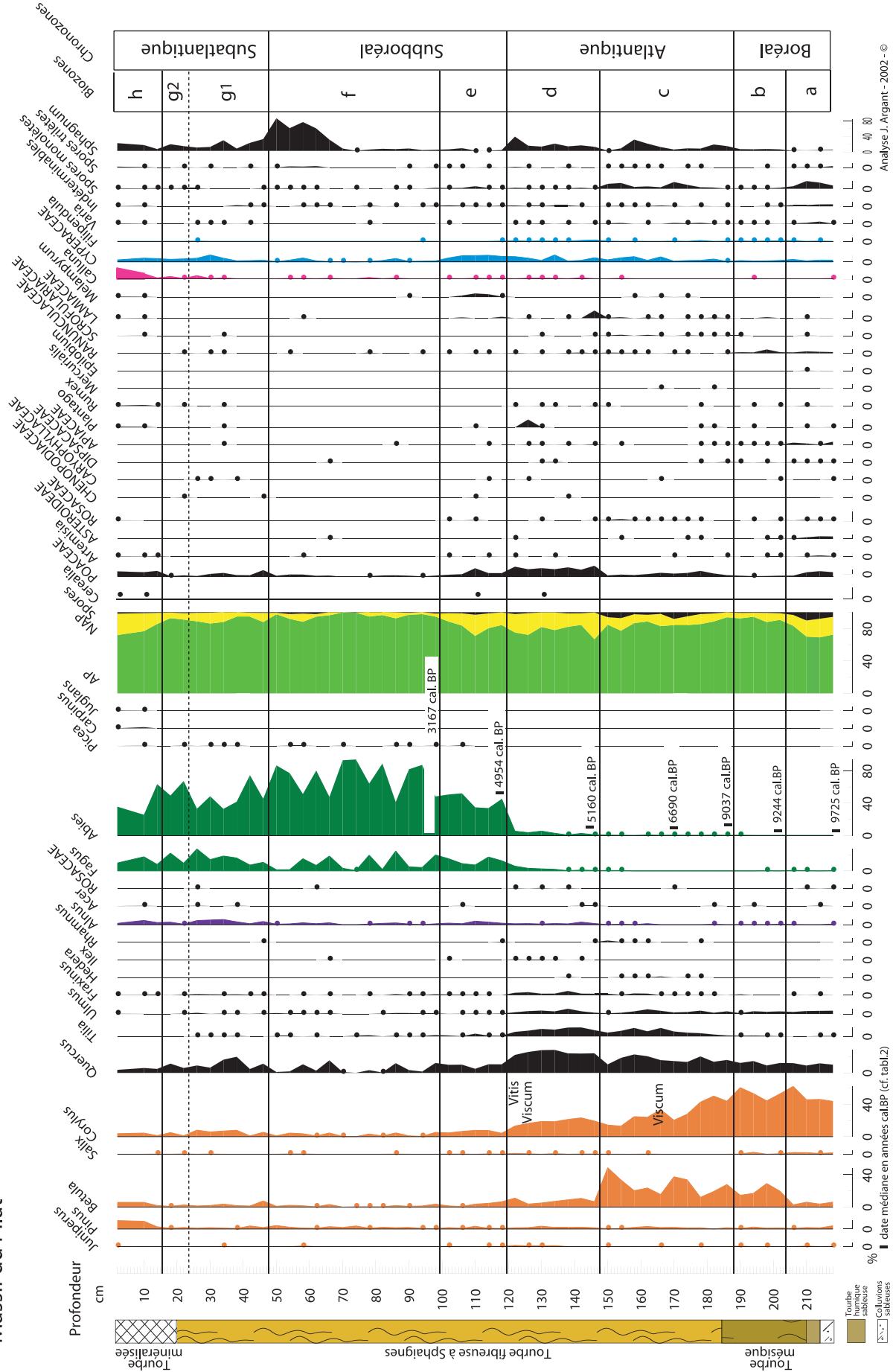


Fig. 7 : La Digonnière. Diagramme pollinique.
 Fig. 7 : La Digonnière. Pollen diagram.

Tourbière de la Digoynière – Situation -Diagramme : fig. 6 et 7					
Saint-Genest-Malifaux (Loire), bassin de la Semène, 1055 m - 45°20'54" N – 4°28'42"E					
Environnement actuel : pinède, pâtures					
Echantillonnage : 54 échantillons entre 2 et 218 cm					
Bio zones	Prof (cm)	Chrono zones	Datations ¹⁴ C cal.BP et BP	Description	Indices polliniques d'anthropisation (IPA)
DIG h	2	Subatlantique		Bien que le milieu reste globalement boisé, des défrichements plus importants affectent la sapinière et réduisent la chênaie. L'importance brusquement prise par <i>Pinus</i> , une légère remontée de <i>Betula</i> , et l'extension de <i>Calluna</i> indiquent bien le recul de la forêt.	- <i>Cerealia</i> -augmentation de <i>Calluna</i> et des Poaceae - <i>Rumex</i> , <i>Plantago</i> , <i>Artemisia</i> , <i>Melampyrum</i> <i>Juglans</i>
	14				
DIG g	18			On assiste de nouveau au recul de <i>Quercus</i> , <i>Corylus</i> , <i>Fagus</i> et à une légère reprise d' <i>Abies</i> .	-
	22			<i>Tilia</i> et <i>Ulmus</i> disparaissent ainsi que <i>Fraxinus</i> .	
	26		Les taux d' <i>Abies</i> diminuent fortement alors que <i>Alnus</i> , <i>Corylus</i> et surtout <i>Fagus</i> et <i>Quercus</i> se régénèrent. L'exploitation préférentielle du sapin, apprécié pour ses qualités de bois d'œuvre, en est très certainement la cause. Les Poaceae connaissent une légère augmentation au début de cette phase, puis les Cyperaceae et <i>Calluna</i> se développent, cette dernière profitant de l'ouverture prolongée du milieu d'une part et de l'acidification du substrat produite par les sphaignes.	-	
	46				
DIG f	50	Subboréal		La sapinière est à son apogée tandis que le déclin de la chênaie est consommé. Le taux très élevé des PA et la raréfaction des taxons les plus exigeants en lumière (<i>Juniperus</i> , <i>Hedera</i> , <i>Salix</i> , <i>Rhamnus</i>) suppose une fermeture du milieu forestier. Cependant, la très forte représentation du sapin ne signifie pas nécessairement un peuplement serré de cet arbre qui représenterait plutôt un obstacle à la floraison et à la dispersion du pollen (Heim, 1970 ; Reille, 1990). Le pollen de <i>Picea</i> fait son apparition régulièrement mais en très faible quantité ; cela suppose son implantation à distance, dès la fin de la zone DIG.e	Les courbes du sapin et du hêtre sont affectées de nombreuses irrégularités, conséquence probable de « prises de terre » répétées pour les cultures ou l'élevage, même si aucune trace de ces activités n'est laissée parmi les herbacées qui disparaissent presque complètement des spectres.
	98		3167 cal.BP (3010±85 BP)		
DIG e	102			L'expansion de <i>Fagus</i> et <i>Abies</i> a pour corollaire immédiat la réduction de la chênaie, de la corylaie et de la boulaie. Seul <i>Alnus</i> connaît une légère extension.	- <i>Cerealia</i> - <i>Melampyrum</i>
	118		4954 cal.BP (4325±95 BP)		
DIG d	122	Atlantique		<i>Corylus</i> se stabilise aux alentours de 20 % tandis que les taux de <i>Betula</i> s'effondrent. La chênaie mixte atteint son optimum ; le milieu forestier se diversifie encore avec, en particulier, la présence régulière de <i>Ilex</i> . Avec <i>Viscum</i> , il confirme les conditions très tempérées déjà notées dans la zone DIG.c. Cependant <i>Abies</i> amorce, en même temps que <i>Fagus</i> une courbe continue préparant leur expansion.	- <i>Cerealia</i> -importante pointe de <i>Plantago</i> -avancée des Poaceae
	144		5160 cal.BP (4510±95 BP)		
DIG c	146			6690 cal.BP (5880±80 BP) 9037 cal.BP (8125±105 BP)	Le déclin de <i>Corylus</i> est amorcé et va en s'accroissant au cours de cette période qui voit l'extension de <i>Tilia</i> , <i>Ulmus</i> et <i>Quercus</i> , et une présence de plus en plus régulière et importante de <i>Fraxinus</i> . La « chênaie mixte » s'affirme, mais <i>Betula</i> reste prospère. Apparaissent également les premiers grains isolés d' <i>Abies</i> annonçant l'arrivée de cet arbre dans la région.
	188				
DIG b	190	Boréal		L'expansion rapide de <i>Betula</i> peut être liée à des incendies dont la trace est visible à l'échelle micromorphologique (Porteret, 2002).	-
	202		9244 cal.BP (8270±85 BP)		
DIG a	206			Cette phase précède immédiatement la formation de la tourbe. Le milieu est boisé (PA ca 70 %), avec <i>Quercus</i> , <i>Ulmus</i> et quelques occurrences de <i>Tilia</i> mais surtout <i>Corylus</i> (50 %). <i>Salix</i> , <i>Juniperus</i> et Poaceae accompagnées de nombreuses variétés d'autres herbacées héliophiles (dont <i>Epilobium</i> cf. <i>angustifolium</i> caractéristique des coupes forestières, <i>Plantago</i> , <i>Rumex</i> , <i>Artemisia</i>) évoquent l'existence de clairières.	-
	218		9725 cal.BP (8720±60 BP)		

Tab. 5 : Pilat. La Digoynière. Résultats de l'analyse pollinique.

Tab. 5: Pilat. La Digoynière. Results of the pollen analysis.

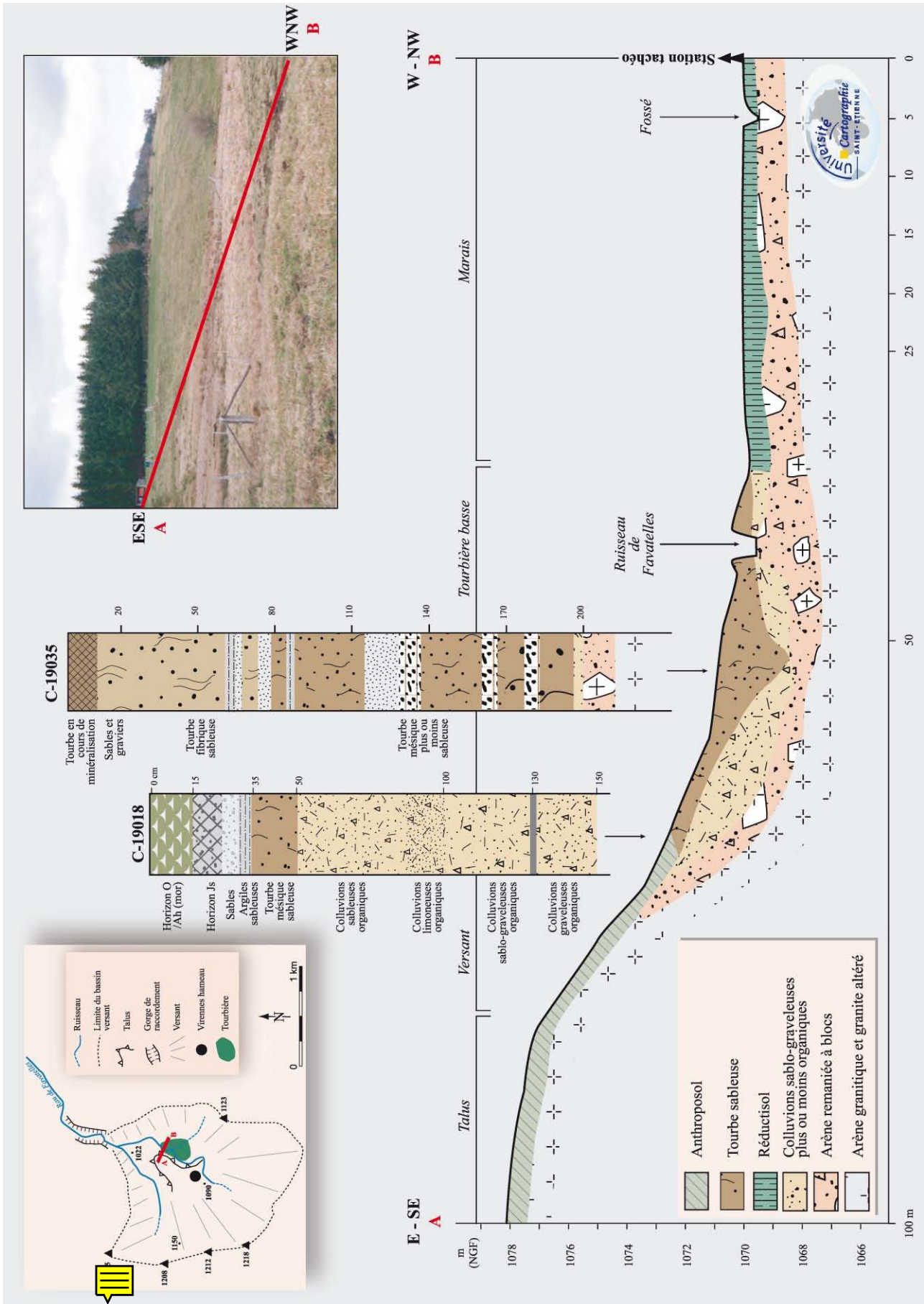
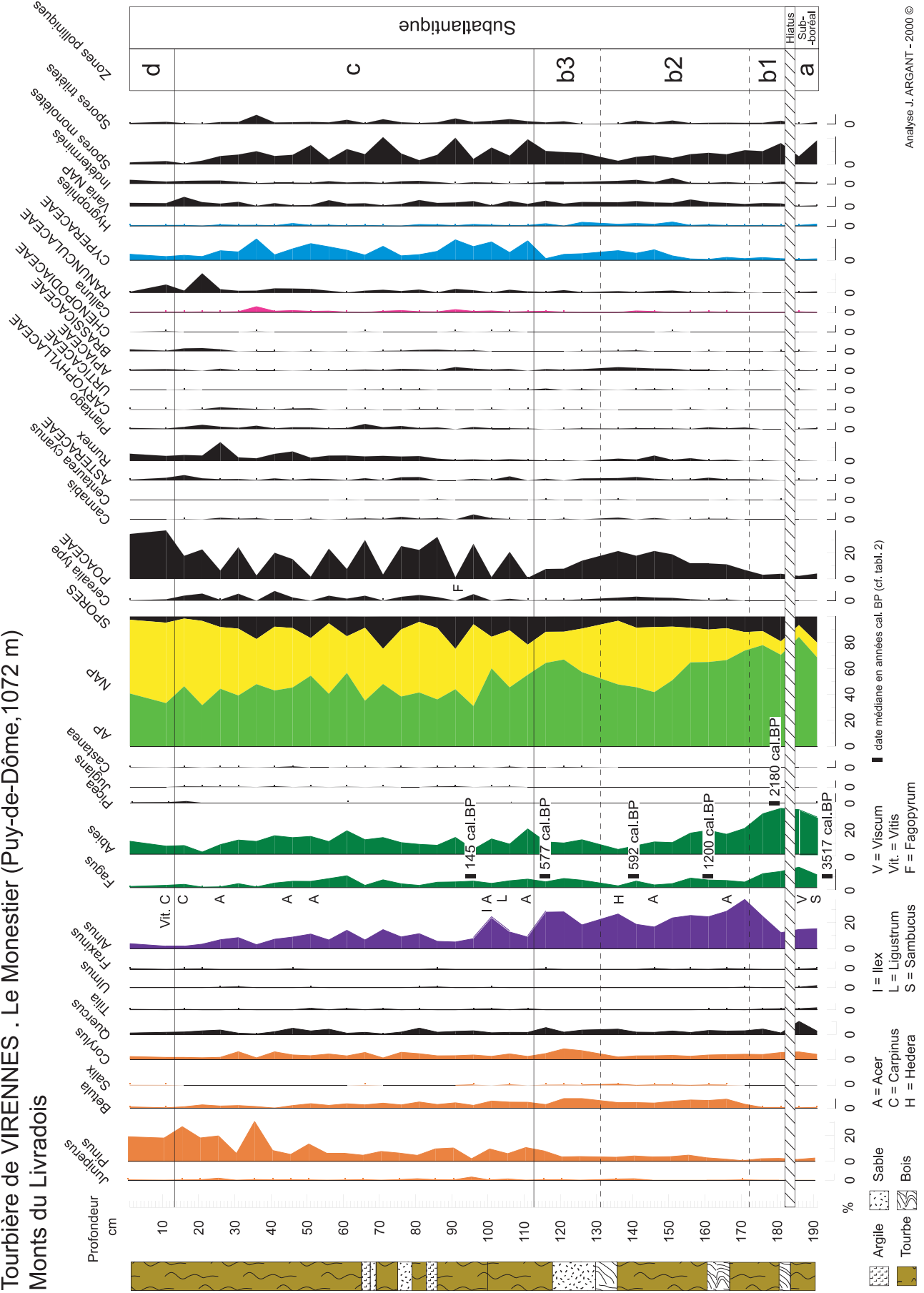


Fig. 8 : Vireennes. Localisation de la carotte étudiée sur le profil morphologique de la tourbière.
Fig. 8. Vireennes. Location of the studied core on the morphological section of the peatbog.

Tourbière de VIRENNES . Le Monestier (Puy-de-Dôme, 1072 m)
Monts du Livradois



Analyse J. ARGANT - 2000 ©

Fig. 9 : Virenes. Diagramme pollinique.
Fig. 9: Virenes. Pollen diagram.

Tourbière de Virenes - Situation - Diagramme : fig. 8 et 9						
Le Monestier (Puy-de-Dôme) ; bassin de la Dore (sous-bassin du Favatel) ; 1072 m - 45°32'19" N – 3°37'21"E						
Environnement actuel : prairies, landes, sapinière.						
Echantillonnage : 37 échantillons (1 à 191 cm)						
Bio zones	Prof (cm)	Chrono zones	Datations ¹⁴ C cal.BP et BP	Description	Indices polliniques d'anthropisation (IPA)	
TA.d	1	Subatlantique		Tous les arbres sont affectés par les coupes, sauf <i>Pinus</i> et <i>Picea</i> , ce dernier en écho des plantations effectuées à la fin du 19ème siècle. L'importance des champs labourés décroît au profit des pâturages.	-baisse des taux de <i>Cerealia</i> -recul des IPA	
	11					
TA.c	16		145 cal.BP (160±40 BP)	La chute de l'aulne (de 25 % à 14 %) indique un défrichement important aux abords immédiats de la tourbière, qui semblent également être drainés, ce qu'indique aussi l'étude des diatomées (Cubizolle <i>et al.</i> , sous presse). Ainsi se constituent de nouveaux pâturages. Plusieurs reculs temporaires des indicateurs de cultures peuvent s'interpréter comme des phases assez courtes d'abandon (jachères ?) : sous-zones c2, c4, c6, c8, c10, c12 de la fig. 13. Dans le même temps on assiste, jusqu'à l'épisode c8, à un léger retour des arbres de la forêt. Globalement la représentation de l'ensemble <i>Abies</i> , <i>Fagus</i> , <i>Quercus</i> varie peu, ce qui indique une certaine stabilité du secteur forestier sans doute géré pour préserver les ressources en bois. A partir de 36 cm le défrichement s'accroît, d'abord aux dépens de <i>Fagus</i> et <i>Quercus</i> (à 36 cm, 0,6 % pour chacun de ces arbres), puis d' <i>Abies</i> et de <i>Fagus</i> dont les pourcentages à 21 cm tombent respectivement à 1,7 et 0,42 %. En corollaire, le cortège des adventices et rudérales atteint son ampleur maximale, reflétant l'extension des terrains cultivés ou pâturés. La progression de <i>Pinus</i> , amorcée au début de cette zone c, s'affirme nettement, car cet arbre héliophile bénéficie de l'éclaircissement de la forêt.	- <i>Cerealia</i> - <i>Fagopyrum</i> - <i>Cannabis</i> - <i>Juglans</i> et <i>Castanea</i> -apophytes nombreuses et abondantes (en particulier <i>Rumex</i>) - <i>Calluna</i>	
	111					
	116		577 cal.BP (564±42 BP)	Le recul des taxons liés aux cultures et aux prairies semble indiquer une déprise agricole temporaire favorisant l'extension des grandes herbes, telle <i>Filipendula</i> , et des fougères. Cette baisse d'activité se répercute également sur le milieu forestier qui reprend de l'importance. Cet épisode est signalé dans la stratigraphie par une couche de sable entre 120 et 130 cm.	-id. b2 mais baisse des taux -apparition de <i>Castanea</i>	
TA.b	3		126			
	2		131	592 cal. BP (640±40 BP)	Les taux de <i>Fagus</i> et <i>Abies</i> diminuent à leur tour de moitié au moins, révélant des coupes importantes dans la forêt.	- <i>Cerealia</i> - <i>Cannabis</i> -nombreuses apophytes dont <i>Centaurea cyanus</i>
			166	1200 cal. BP (1336±45 BP)		
	1		171	2180 cal BP (2214±38 BP)	Les taux de <i>Quercus</i> diminuent fortement.	
	181					
hiatus						
TA.a	191	Subboréal		AP/T varie entre 68,4 et 84,2 %. <i>Abies</i> domine avec plus de 30 % et <i>Fagus</i> entre 10 et 15%. <i>Quercus</i> est également présent ainsi que <i>Corylus</i> , ce dernier profitant des zones de lisière qui lui sont favorables. En effet, des clairières existent, occupées principalement par des fougères, conséquence d'un probable défrichement antérieur, mais à part cela les signes d'une présence humaine ne sont pas évidents. <i>Alnus</i> se développe sur le substrat humide de la tourbière. <i>Tilia</i> et <i>Ulmus</i> n'apparaissent que timidement dans les deux échantillons les plus profonds. Ils n'apparaîtront plus que sporadiquement dans le reste de la carotte, témoignant alors de la subsistance de quelques individus isolés. A noter enfin la faible représentation de <i>Pinus</i> .		
	186		3517 cal. BP (3294±49 BP)			

Tab. 6 : Livradois. Virenes. Résultats de l'analyse pollinique.

Tab. 6: Livradois. Virenes. Results of the pollen analysis.

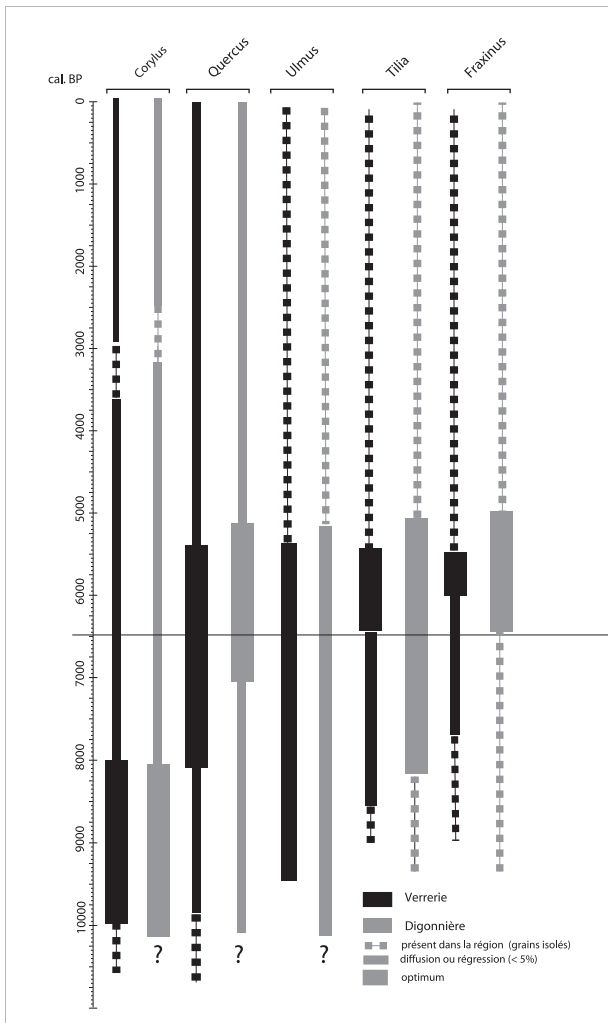


Fig. 10 : Représentation schématique de la dynamique des taxons de la chênaie à la Verrerie et à la Digonnière.

Fig. 10: Simplified representation of the dynamics of the taxa of the oaktree forest at la Verrerie and la Digonnière.

A la Digonnière, *Fraxinus* se joint à cet ensemble autour de 6690 cal. BP (LY-10890), et à une date proche de 6250 cal. BP (LY-11571) à la Verrerie.

Tous ces taxons déclinent rapidement ensemble au moment du début de l'expansion de *Fagus* (autour de 5500 cal. BP en moyenne à la Verrerie et dans les Monts du Forez et plus tardivement, vers 5000 cal. BP, à la Digonnière dans le Pilat).

- *Fagus* et *Abies*

Une représentation simplifiée (fig. 12) des courbes des principaux arbres (*Betula*, *Corylus*, *Quercus*, *Fagus*, *Abies*) issues de 9 diagrammes permet de visualiser la dynamique de la végétation, en particulier celle de *Fagus* et *Abies*, à partir de l'Atlantique. En plaçant sur une même horizontale le début de l'expansion de *Fagus*, une comparaison chronologique directe de cet événement est possible entre 5 sites bien datés.

• **Date d'arrivée** : Les premiers grains de pollen isolés de *Fagus* sont notés dès le Boréal à la Digonnière autour de 9980 cal. BP (Beta-189916) et plus tardivement à l'Atlantique ancien à la Verrerie autour de 8000 cal. BP (LY-2239 (OxA)). Par contre sa diffusion est plus rapide et précoce dans les Monts de la Madeleine où elle s'amorce à partir de 5800 cal. BP (LY-11930) environ, alors qu'il faut attendre environ 5160 cal. BP à la Digonnière.

Son expansion marquant le début du Subboréal est généralement brutale sauf dans le Pilat et en Limagne. Le début de cette phase est bien daté, surtout dans le Forez (fig. 11 et tab. 7). Pour les six premiers sites du tableau 7, les marges statistiques des dates ^{14}C recensées pour cet événement se recouvrent : l'extension de *Fagus* paraît pratiquement synchrone sur l'ensemble Forez – Madeleine en se situant autour d'une date moyenne de 5395 cal. BP. Le Pilat fait toujours exception puisque la médiane de la date obtenue est 4954 cal. BP.

Dans le Forez, l'apparition d'*Abies* suit généralement de près celle de *Fagus*. Les premiers grains isolés d'*Abies* sont notés beaucoup plus tôt au sud, dans le Pilat, que dans les autres sites : dès 9040 cal. BP (LY-11835) environ à La Digonnière au lieu de 5800 cal. BP environ à La Verrerie, dans les Monts de la Madeleine. A l'exception de ce qui s'observe à la Digonnière, l'expansion du sapin est généralement plus progressive et bien plus tardive que celle du hêtre.

• Importance relative des deux arbres :

Monts de la Madeleine : le pollen de *Fagus* apparaît beaucoup plus abondant que celui d'*Abies*. C'est très net à la Verrerie, où le sapin ne connaît qu'un bref succès au moment où *Fagus* semble subir des coupes sévères, entre 4100 cal. BP et 3550 cal. BP, à l'Age du Bronze ancien et moyen (tab. 3 et fig. 12). La substitution momentanée du hêtre par le sapin semble bien liée ici à l'action anthropique puisqu'elle va de pair avec une augmentation sensible des Poaceae, du plantain et des Urticaceae. Compte tenu

Site	Massif	Altitude	Dates ^{14}C BP	Dates cal. BC	Dates médianes en années cal. BP	Référence
La Verrerie	Madeleine	1042 m	4840 ± 40 BP	3680-3530	5555	Beta-193713
La Pigne	Forez	1335 m	4715 ± 75 BP	3648-3354	5450	-
Gourd des Aillères ¹ , marges	Forez	1335 m	4470 ± 80 BP	3485-2906	5145	-
Plateau des Egaux ¹	Forez	1410 m	4675 ± 60 BP	3628-3359	5443	-
Colleigne ¹	Forez	1430 m	4620 ± 110 BP	3642-3041	5291	-
Petit Char ¹	Forez	1500 m	4810 ± 60 BP	3702-3381	5491	-
Digonnière	Pilat	1055 m	4325 ± 95 BP	3332-2676	4954	LY-10891

Tab. 7 : Dates de l'expansion de *Fagus* dans différents sites des Monts du Forez, de la Madeleine et du Pilat (¹ Janssen, 1990).
*Tab. 7: Dates of the expansion of *Fagus* in several sites of the Monts du Forez, La Madeleine and Pilat (¹ Janssen, 1990).*

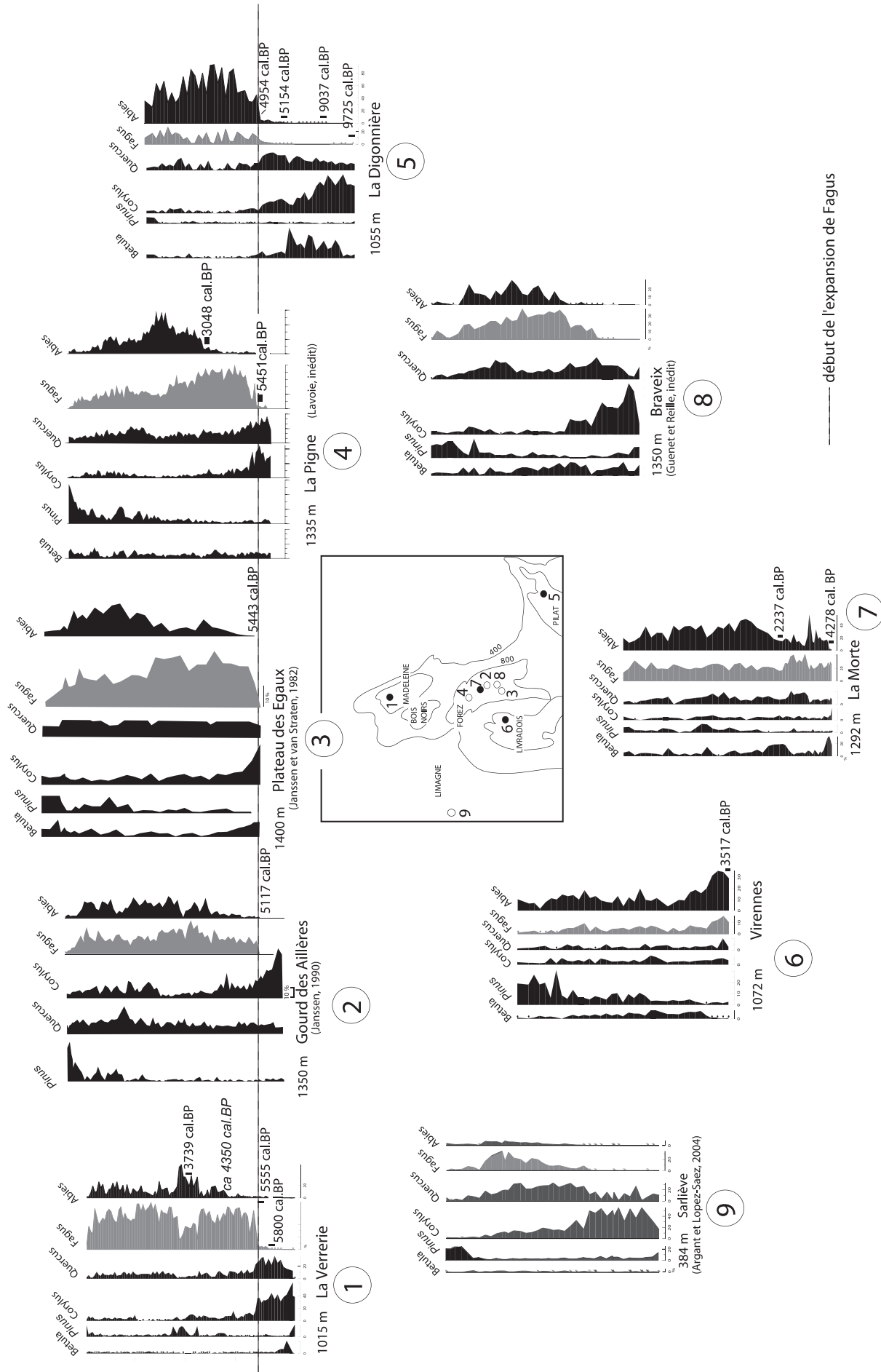


Fig. 11 : Diagrammes simplifiés de 9 tourbières du Massif central oriental.
 Fig. 11 : Simplified diagrams of 9 peatbogs of the eastern Massif central.

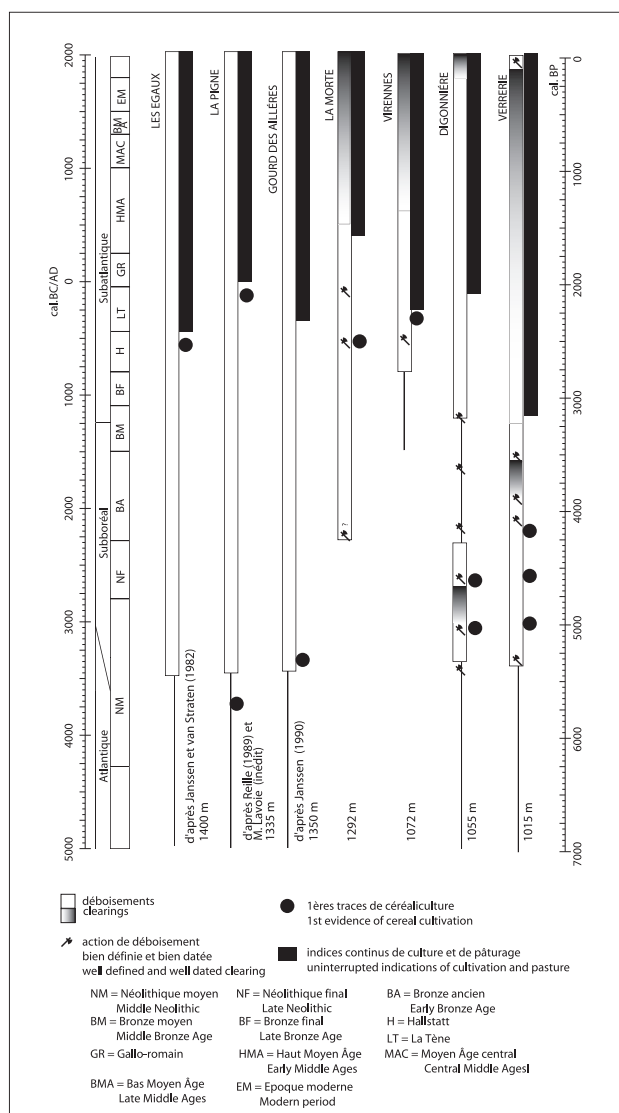


Fig. 12 : Action anthropique : chronologie des indices relevés dans 7 tourbières du Massif central oriental.

Fig. 12: Chronology of anthropogenic indicators noted in 7 peatbogs of the eastern Massif central.

du pouvoir de dispersion limité du pollen de hêtre (Heim, 1970 ; Lutgerinck *et al.*, 1989) on peut en déduire une réelle prépondérance dans ce secteur de la hêtraie sur la sapinière. C'est ce que signalent déjà G. Dubois et C. Dubois (1946) au Gué de la Chau dans ce même massif (fig. 1).

Monts du Forez : au début de l'essor de ces deux arbres, *Fagus* est nettement plus abondant qu'*Abies*, puis leurs pourcentages deviennent relativement proches. L'évolution de ces deux taxons a tendance à s'inverser au début du Subatlantique : très nettement à La Pigne (Lavoie, inédit), au Plateau des Egaux (Janssen & van Straten, 1982), à Verrine (Dubois *et al.*, 1945) et plus modestement à Braveix (Guenet et Reille, 1990) et La Morte où la courbe du sapin progresse légèrement ou du moins reste globalement stable tandis que celle du hêtre a tendance à s'infléchir vers le bas.

Mont Pilat : ce massif se distingue radicalement des autres secteurs par l'arrivée plus précoce et la domination très nette et constante d'*Abies* qui lui confèrent un caractère plus proche des Alpes du sud que du Massif

central. La question est reposée de l'arrivée possible du sapin dans le Pilat par la vallée du Rhône proche (Argant, 1993), plus précocement qu'ailleurs dans le Massif central (Beaulieu *et al.*, 1984). Les autres études en cours sur le Pilat (tourbières de Praveilles et de Gimel) apporteront peut-être des éléments de réponse complémentaires pour confirmer (ou non) cette hypothèse.

• **Déclin des hêtraies-sapinières :** l'évolution naturelle du milieu forestier se trouve contrariée relativement tôt par l'intervention de l'homme qui défriche et cultive (paragraphe 5.2), ce qui explique l'aspect souvent très irrégulier des courbes et les baisses significatives et durables des taux de certains arbres. Cette baisse est parfois très tardive pour *Fagus* (époque moderne). Elle coïncide avec la recrudescence des signes polliniques d'anthropisation (à la Verrerie par exemple). Une date plus précise peut être donnée pour la Pigne et la Morte, respectivement 2570 cal. BP et 2237 cal. BP (La Tène), tandis qu'à Virennnes le hêtre décline autour de 1600 cal. BP (Haut Moyen Age). L'évolution d'*Abies* est souvent complémentaire de celle de *Fagus*, effet d'une gestion anthropique favorisant tantôt l'un ou l'autre de ces arbres.

5.2 - ACTION ANTHROPIQUE

En collaboration avec les archéologues, l'étude de l'évolution de la végétation sous l'action de l'homme fait désormais partie des axes de recherche prioritaires des analyses polliniques sur l'Holocène. Une synthèse récente sur les plus anciennes traces polliniques d'anthropisation (Richard, 2004) fait le point sur cette question dans la plupart des régions françaises. Dans l'article traitant du Massif central (Miras *et al.*, 2004), les données pour la partie orientale se limitent au Forez, seul massif à avoir fourni jusque là des éléments précis. Grâce aux nombreuses dates dont nous disposons maintenant pour les quatre tourbières présentées, il est possible de compléter ces informations et de caler sur une échelle chronologique les principaux événements pouvant être interprétés comme des signes d'action anthropique (fig. 12). Le choix des indices polliniques d'anthropisation a été maintes fois exposé et il est rappelé dans l'ouvrage de synthèse cité précédemment. Il n'est possible de conclure à un impact d'origine anthropique que si plusieurs observations convergentes peuvent être relevées : chute globale du taux de pollen d'arbres, ou augmentation anormale du taux d'arbres héliophiles (*Corylus*, *Betula*, *Alnus* par exemple) compensant une chute de taxons forestiers (*Fagus* par exemple), développement des Poaceae, apparition de *Plantago*, *Rumex*, Urticaceae, et enfin présence de pollen de plantes cultivées, céréales en particulier. Malgré cela il n'est pas toujours évident de distinguer phénomène d'origine anthropique et phénomène naturel... L'interprétation donnée fig. 12 tient compte de cette difficulté. Par prudence les signes les moins nets n'ont pas été pris en compte, surtout dans le cas des études anciennes pour lesquelles certaines précisions utiles font défaut.

Cette représentation graphique fait apparaître d'emblée la disparité des enregistrements :

• Ce sont les indices de déforestation qui apparaissent le plus tôt et se répètent généralement de façon cyclique

jusqu'à l'époque actuelle. Lorsqu'une estimation de la date est possible par interpolation des dates connues, les phases de défrichement les plus caractéristiques sont indiquées sur l'échelle chronologique. Quelle que soit l'altitude, ils apparaissent dans la plupart des cas autour de 5450 cal. BP au Néolithique moyen, au moment de l'extension de *Fagus*, sauf à Virennnes et à la Morte, tourbières plus récentes.

- Les traces de céréaliculture les plus précoces sont relevées (en montagne comme en plaine) au Néolithique moyen à La Pigne et Craintilleux autour de 5370 cal. BP, de 5200 cal. BP au Gourd des Aillères (Janssen, 1990) et de 4900 cal. BP à la Verrerie et à la Digonnière où elles accompagnent les premiers défrichements. Ce ne sont au début que des apparitions fugaces de pollen de céréales accompagnées de Poacées, de plantain, oseille, Urticacées, évoquant des landnams, prises de terre limitées, ouvrant de petites clairières temporaires sans influence profonde sur la forêt mais indiquant que l'homme intervient et commence à cultiver aux alentours de la tourbière. Le milieu se referme ensuite. Il n'y a donc pas d'installations permanentes, du moins pas à proximité immédiate des tourbières. Une exploitation durable et continue ne se lit que plus tard, à partir de l'Age du Bronze final à La Verrerie (autour de 3250 cal. BP) et, plus souvent, à l'Age du Fer (Hallstatt ou La Tène) comme au Verdier par exemple (Cubizolle *et al.*, 2004 b). Ces faits sont en accord avec l'importance de l'occupation humaine dans le bassin du Forez à l'Age du Bronze et plus tard à l'Age du Fer (Georges, 1999 ; Georges et Cubizolle, sous presse). A La Morte il faut attendre le Haut Moyen Age pour voir s'implanter solidement les activités humaines.

- Ces informations ne valent pas nécessairement pour tout le territoire montagnard. Il est probable que les abords mêmes des tourbières n'ont pas été exploités prioritairement pour la culture, mais d'abord pour les ressources en bois et le pâturage. A la Digonnière les indices se limitent le plus souvent à des actions répétées d'éclaircissement de la forêt pour lesquelles il faut mentionner l'utilisation très probable du feu (Moore, 1988 ; Cubizolle, inédit ; Porteret, 2002). C'est du moins ce que suggère à La Verrerie le développement précoce de la callune et, à la Digonnière de fréquentes occurrences de *Melampyrum* (autour de 4200 cal. BP, Néolithique final), taxon particulièrement abondant dans la zone pollinique DIG.e, juste avant le début de l'extension de *Fagus*. On observe également dans ces cas la succession caractéristique *Betula-Alnus* (Iversen, 1949). L'étude micromorphologique de cette tourbière montre clairement la présence de cendres et de charbons de bois dans les couches basales (Porteret, 2002).

- Le plus souvent, les coupes affectant nettement le hêtre, ont toujours pour répercussion une meilleure perception du sapin tandis que des pointes de bouleau, noisetier, pin et aulne selon les cas, expriment l'ouverture momentanée du couvert forestier. Il ne s'agit en effet jamais d'une destruction totale ni durable de la forêt à qui l'homme laisse le temps de se régénérer avant d'intervenir à nouveau. Les fluctuations du couvert forestier peuvent ainsi paraître très rapides comme on peut le constater à Virennnes où, dans la zone pollinique c (époque moderne) qui couvre environ 300 ans, sept creux (marqués I à VII) dans la

courbe cumulée *Abies + Quercus + Fagus*, apparaissent à intervalles plus ou moins réguliers (fig. 13). La période de ces fluctuations peut seulement être estimée de façon théorique car la formation de la tourbe n'est pas forcément continue : entre deux creux successifs il s'écoule en moyenne 40 années. Sauf exception (phases V à VI), chaque régression des taxons forestiers correspond à une extension des indicateurs de prairies (Poaceae et *Rumex*) et de cultures (céréales), ainsi qu'un léger développement des arbres héliophiles (*Corylus*, *Alnus* et *Betula* ou *Pinus*). Cette série d'oscillations peut être interprétée comme le reflet d'une exploitation cyclique du territoire pour le pâturage et les cultures. L'étude très détaillée des sédiments varvés du lac Pavin dans les Monts Dore (une analyse pollinique tous les cm, chaque échantillon représentant 3 à 4 années) permet à M. Stebich *et al.* (2005) de constater de même une variation plus ou moins rapide des taux de *Fagus* (selon une période variant entre 5 - 25 ans et 75 - 120 ans). Si le rôle des activités humaines est clairement mis en évidence pour les périodes de régression de cet arbre les plus longues, celui des péjorations climatiques liées au Petit Age Glaciaire expliquerait les variations les plus rapides, avec par exemple une réduction de la production pollinique à la suite d'hivers plus froids (*ibid.*). Il en a certainement été de même à Virennnes et dans les autres sites, mais la résolution insuffisante de l'analyse pollinique (maille de 3 cm) et l'impossibilité d'obtenir une datation fine de cette partie du diagramme interdit une conclusion tranchée.

- Le développement de la callune signe toujours les phases de déboisement les plus marquées et, systématiquement, la fin de l'évolution de toutes les tourbières en partie sommitale, conjointement avec les signes d'activité agricole et pastorale.

- Enfin, tous les diagrammes montrent, comme partout ailleurs, près de la surface, l'accroissement des arbres héliophiles répondant à la réduction des taxons forestiers. Le développement alors net de *Pinus* est à mettre en grande partie sur le compte des reboisements systématiques qui interviennent à partir de la deuxième moitié du 19^{ème} siècle (Lemée, 1955 ; Reille, 1989). A noter aussi l'introduction anecdotique de *Cedrus* dont le pollen se signale à la Morte (19^{ème} siècle probablement). Parmi les arbres cultivés, *Juglans* n'apparaît que très tardivement (18^{ème}-19^{ème} siècle ?) sauf à Virennnes où il est noté avec *Castanea* au Bas Moyen Age.

5.3 - COMPARAISON AVEC LA LIMAGNE

A l'ouest, en Limagne, près de Clermont-Ferrand, le site du lac de Sarliève (345 m) livrant une séquence débutant peu avant l'Atlantique récent (Lyon-1981 (GrA-21826) : 6890±80 BP, [7733 cal. BP], date obtenue sur graines) offre un point de comparaison entre plaine et montagnes proches. L'analyse pollinique (Argant et López-Sáez, 2004) met en évidence une dynamique de végétation similaire à celle des massifs montagneux voisins pour *Corylus*, *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Fraxinus*. Ces trois derniers taxons semblent perdurer cependant plus longtemps qu'en montagne après l'extension de *Fagus*. Celui-ci connaît un démarrage plus lent qu'en altitude,

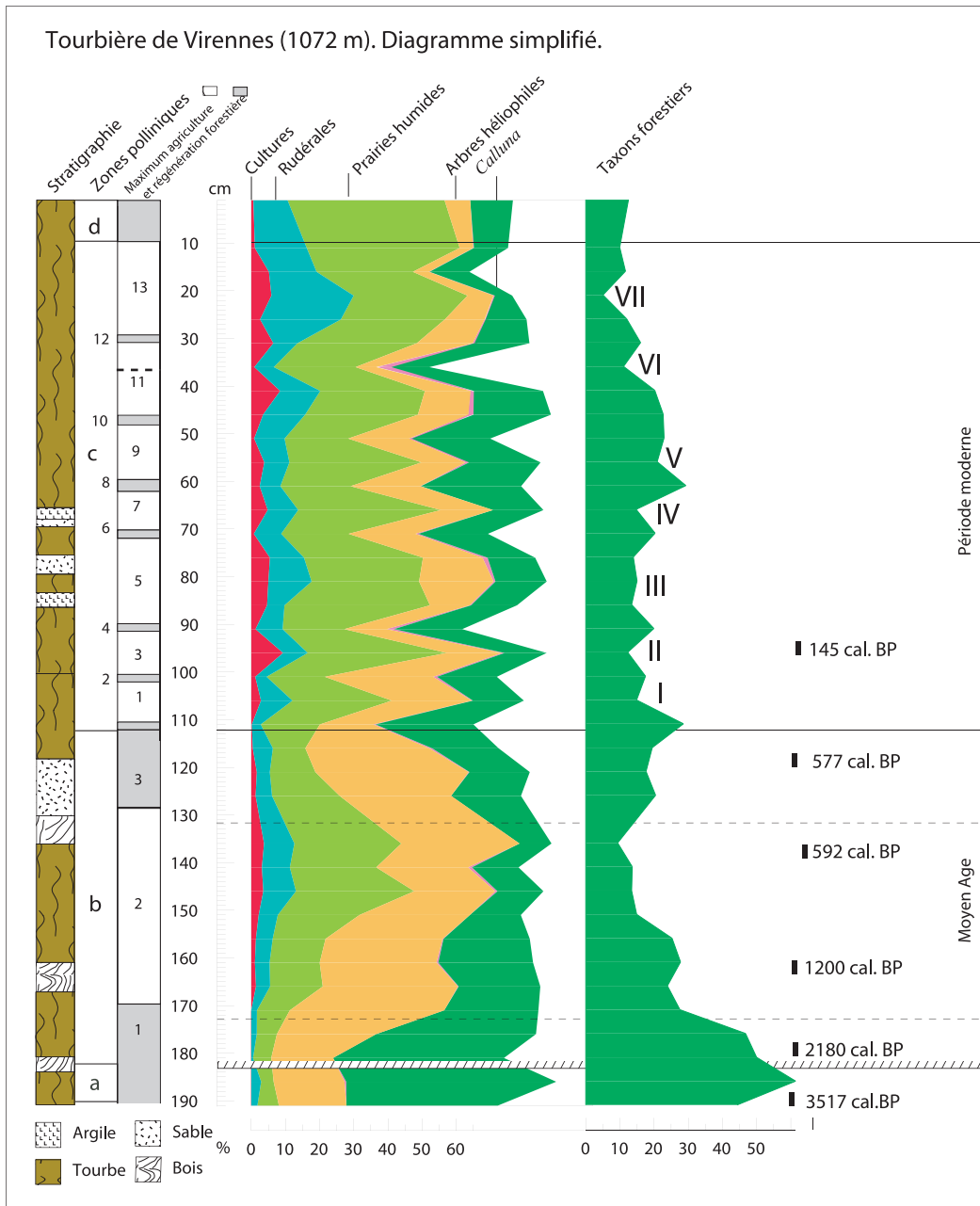


Fig. 13 : Virenes. Diagramme simplifié mettant en évidence l'action anthropique.

Fig. 13: Virenes. Simplified diagram displaying anthropogenic action.

mais un développement d'une ampleur cependant comparable à ce qu'elle est le plus souvent en Forez. Quant à *Abies*, son essor est beaucoup plus tardif que celui du hêtre et son extension plus faible qu'en altitude. Les possibilités de comparaison sont malheureusement limitées par l'impossibilité d'obtenir des datations fiables sur les sédiments argileux du paléolac contenant souvent de la matière organique héritée de dépôts tertiaires. L'occupation des bords du lac par l'homme est nettement mise en évidence par l'analyse pollinique et celle des microfossiles non polliniques avec la présence régulière de signes de déforestation, de cultures et de pastoralisme dès environ 7700 cal. BP. Comme dans la zone de montagne, le milieu forestier ne subit pendant longtemps (jusqu'à l'Age du Fer) que l'ouverture de clairières exploitées

temporairement, mais l'occupation y est cependant plus continue et plus nettement marquée, surtout à l'époque moderne.

6 - CONCLUSION

Les quatre nouvelles analyses polliniques réalisées complètent et précisent les données jusqu'alors disponibles sur le Massif central oriental granitique. L'interprétation de ces quatre diagrammes fait apparaître une évolution holocène de la végétation globalement similaire à celle proposée pour le Massif central par Beaulieu, Pons et Reille (Beaulieu *et al.*, 1988). Cependant, des différences sont enregistrées du nord au sud, notamment en ce qui concerne les dates d'apparition, de diffusion et d'expansion ou de régression des arbres de la chênaie, du

hêtre et du sapin. En particulier, l'expansion du sapin est significativement plus précoce et plus ample à la Digionnière dans le Pilat que dans les autres massifs. Le Pilat semble donc se distinguer, mais il est indispensable de connaître les résultats des analyses en cours pour le confirmer et le préciser. Un autre apport de cette étude est la confirmation d'une emprise de l'homme relativement précoce sur les formations végétales de ces moyennes montagnes, à partir de la charnière Atlantique-Subboréal, au Néolithique moyen, vers 5400 cal. BP. Elle se manifeste d'abord par une exploitation de la forêt limitée et temporaire visant à ménager des clairières pour cultures et pâturages. Il faut cependant souvent attendre le Moyen Âge ou l'époque moderne pour qu'elle prenne de l'ampleur, même si le déclin irréversible des hêtraies se dessine souvent à la Tène. Cette mise en évidence de l'action humaine s'appuie sur des analyses polliniques de tourbe bénéficiant de nombreuses datations par le radiocarbone. Ainsi elles peuvent contribuer utilement à la connaissance de l'occupation de la moyenne montagne encore peu connue sur le plan archéologique.

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pu être réalisé sans les contributions financières du Conseil général de la Loire, du Parc régional du Pilat et de la Zone atelier CNRS «Bassin versant de la Loire». Les auteurs remercient également les deux relecteurs du manuscrit pour leurs critiques constructives qui ont permis une amélioration sensible de cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARGANT, J., 1990 - *Climat et environnement au Quaternaire dans le bassin du Rhône d'après les données palynologiques*. Documents du Laboratoire de Géologie de Lyon, N° 111, 199 p.
- ARGANT, J., 1993 - Premières indications sur la végétation lyonnaise à l'Holocène d'après l'analyse pollinique. *Palynosciences*, 2 : 57-78.
- ARGANT, J. & LÓPEZ-SÁEZ, J.-A., 2004 - L'occupation humaine du bassin de Sarliève depuis le Néolithique d'après la palynologie et l'étude des microfossiles non polliniques. 5^e Rencontres méridionales de Préhistoire récente Auvergne et Midi, Actes de la cinquième session, Clermont-Ferrand, 8 et 9 novembre 2002, *Préhistoire du Sud-ouest*, supplément n°9 : 25-34.
- BEAULIEU, J.-L. de, COÛTEAUX, M., PONS, A. & REILLE, M., 1984 - Première approche d'une histoire postwürmienne de quelques taxons arboréens dans le sud-est de la France. *Revue de Paléobiologie de Genève*, Vol. spécial : 11-24.
- BEAULIEU, J.-L. de, PONS, A. & REILLE, M., 1988 - Histoire de la flore et de la végétation du Massif central (France) depuis la fin de la dernière glaciation. *Cahiers de Micropaléontologie*, 3, 4 : 5-36.
- BURNOUF, J., CARCAUD, N., CUBIZOLLE, H., GARCIN, M., TREMENT, F. & VISET, L., 2003 - Interactions sociétés/milieux dans le bassin versant de la Loire depuis le Tardiglaciaire jusqu'à la période industrielle. In : *Des milieux et des Hommes : fragments d'histoire croisées*. Editeurs scientifiques, T. Muxart, F.-D. Vivien, B. Villaba, J. Burnouf, Collection Environnement, Elsevier : 65-77.
- CUBIZOLLE, H. & GEORGES, V., 2002 - Evolution morphosédimentaire des plaines alluviales de la Loire et de ses affluents dans le bassin du Forez (Massif central français) depuis la fin du Würm. In : *Les fleuves ont une histoire. Paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15000 ans*. Sous la direction de J.-P. Bravard et M. Magny, éditions Errance, Collection Archéologue Aujourd'hui : 63-70.
- CUBIZOLLE, H., GEORGES, V. & ARGANT, J., 2004 a - Changements environnementaux et sociétés humaines dans les moyennes montagnes granitiques du Massif central oriental au cours de l'Holocène : les enseignements tirés du croisement des données géomorphologiques, palynologiques et archéologiques. *Archéométrie*, 28 : 57-70.
- CUBIZOLLE, H., GEORGES, V., LATOUR, C., ARGANT, J. & SERIEYSSOL, K., 2004 b - La turfigenèse à la fin du Subboréal et au Subatlantique dans les tourbières basses du Massif central oriental granitique (France) : une manifestation de l'action humaine ? *Quaternaire*, 15, (4) : 343-359.
- CUBIZOLLE, H., *Paléoenvironnements et turfigenèse. L'apport de l'étude des tourbières à la connaissance de l'évolution holocène des milieux montagnards du Massif central oriental granitique*. Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Limoges, 750 p. (inédit).
- CUBIZOLLE, H., SERIEYSSOL, K. & ARGANT, J. - Holocene vegetation dynamics and human impact on the peatland of Vireennes (french Massif central). *Diatoms Research (sous presse)*.
- CUBIZOLLE, H., TOURMAN, A., ARGANT, J., PORTERET, J., OBERLIN, C. & SERIEYSSOL, K., 2003 - Origins of European biodiversity : palaeo-geographic signification of peat inception during the Holocene in the granitic eastern Massif central (France). In : *Past and present landscape dynamics : implications for biodiversity studies ; Landscape Ecology, special issue*, 18 : 227-238.
- DUBOIS, G., DUBOIS, C. & DUBOIS, F., 1945 - Notes géologiques, micropaléontologiques et géochimiques sur une tourbière de Noiretable, dans les Monts du Forez. *Bulletin de la Société Géologique de France*, (5), XV : 89-109.
- DUBOIS, G. & DUBOIS, C., 1946 - Quelques tourbières de la Montagne de La Madeleine. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 643-658.
- ETLICHER, B., 1986 - *Les massifs du Forez, du Pilat et du Vivarais. Régionalisation et dynamique des héritages glaciaires et périglaciaires en moyenne montagne cristalline*. Publications de l'Université de St-Etienne, Centre d'Etudes Foréziennes : 687 p.
- ETLICHER, B., JANSSEN, C.R., JUVIGNÉ, E. & VAN LEEUWEN, J.F.N., 1987 - Le Haut Forez (Massif central, France) après le pléniglaciaire würmien : environnement et téphra du volcan de La Nugère. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, Paris, 4 : 229-239.
- ETLICHER, B., EVIN, J., LAMBERT, J.-N., LANGOÛET, L., LANOS, P. & OBERLIN, C., 1998 - *La datation en laboratoire*. Editions Errance, collection «Archéologiques» : 192.
- EVIN, J. & OBERLIN, C., 1998 - La méthode de datation par le radiocarbone. In : *La datation en laboratoire*, J. Evin, J.-N. Lambert, L. Langouët, P. Lanos. Editions Errance, collection «Archéologiques» : 75-117.
- GEORGES, V., 1999 - *Néolithique et Protohistoire. Approche géographique et historique dans le bassin supérieur de la Loire*. Mémoire de DEA, sous la direction de C. Mordant, Université de Dijon, 139 p.
- GEORGES, V. & CUBIZOLLE, H. - L'agrosystème de la plaine alluviale de la Loire à l'Âge du Bronze en Forez (Massif central) : évolution, modélisation. Actes du colloque «*Le temps*», Besançon du 19 au 21 avril 2004 (sous presse).
- GEORGES, V., CUBIZOLLE, H., ARGANT, J. avec la collaboration de BET, P., VALETTE, P. & VERRIER, J., 2004 - Détection, identification et interprétation des témoins archéologiques de la Loire en Forez (Massif Central, France) : vers une histoire du peuplement. In : P. Leveau et J. Burnouf (dir.), Actes du colloque PEVS/SEDD CNRS, «Les Fleuves aussi ont une histoire, 2 : Pratiques sociales et hydrosystèmes fluviaux, lacustres et palustres des sociétés préindustrielles», Aix-en-Provence 8-10 avril 2002, Paris, Editions CTHS : 71-83.
- GUENET, P., 1986 - *Analyse pollinique de la tourbière de Chambedaze et recherches pollenanalytiques dans les Monts Dore et le Cézallier, Massif central, France*. Thèse de 3^{ème} Cycle, Univ. Aix-Marseille III, Paléoécologie : 107 p.
- GUENET, P. & REILLE, M., 1990 - Etude pollenanalytique de la tourbière de Côte de Braveix (Monts du Forez, Puy-de-Dôme). In Francez A.-J., *Production primaire et accumulation de matière organique dans les tourbières à Sphaignes des Monts du Forez (Puy-de-Dôme). Influence des activités humaines sur leur fonctionnement et leur évolution*. Rapport de fin de contrat, convention SRETIE - CEREMCA, N° 86 242 EGP : 443.
- HEIM, J., 1970 - *Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale*. Thèse Université Louvain, 181 p.
- IVERSEN, J., 1949 - The influence of prehistoric man on vegetation. *Danmarks geologiske undersogelse*, 3 : 5-25.

- JANSSEN, C.R., 1990** - Histoire de la végétation des monts du Forez. In: *Les monts du Forez, le milieu et les hommes*, CEF, Université Jean Monnet, Saint-Etienne : 65-79.
- JANSSEN, C.R. & STRATEN, R. van, 1982** - Premiers résultats des recherches palynologiques en Forez, plateau central. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, 294, série II : 155-158.
- LEMEE, G., 1941** - Recherches sur l'évolution forestière postglaciaire en Auvergne. II, Analyse pollinique d'une tourbière des Bois Noirs. *Revue des Sciences Naturelles d'Auvergne*, 1-2 : 41-49.
- LEMEE, G., 1953** - L'évolution forestière du Massif central depuis la dernière glaciation. *Mélanges géographiques Ph. Arbos*, Institut géographique, Clermont-Ferrand : 189-196.
- LEMEE, G., 1955** - L'évolution de la forêt française au cours du Quaternaire d'après les analyses polliniques. *Revue forestière française*, tome 6 : 442-460.
- LUTGERINK, R.H.P., SWERTZ, C.A. & JANSSEN, C.R., 1989** - Regional pollen assemblages versus landscape regions in the Monts du Forez, Massif central, France. *Pollen et Spores*, vol. XXXI (1989), n° 1-2 : 45-60.
- MIRAS, Y., 2004** - *L'analyse pollinique du plateau de Millevaches (Massif central, France) et de sites périphériques limousins ou auvergnats : Approche des paléoenvironnements, des systèmes agropastoraux et évolution des territoires ruraux*. Thèse de Doctorat n° 1003, Laboratoire de Chrono-écologie, Besançon, 301 p.
- MIRAS, Y., VERGNE, V., GUENET, P. & SURMELY, F., 2004** - Le Massif central : premières traces d'anthropisation révélées par l'analyse pollinique des zones humides corrélées aux données archéologiques. In Richard, H. (dir.). *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques*. Presses Universitaires Franc-Comtoises (*Annales Littéraires : 777. Série Environnement, sociétés et archéologie ; 7*), Besançon : 89-105.
- MOORE, P.D., 1988** - The development of moorlands and upland mires. In: *Archaeology and the flora of the British isles: human influence on the evolution of plant communities*, ed. M. Jones, Oxford University Committee for Archaeology, Monograph number 14, Botanical Society of the British Isles conference report number 19: 116-122.
- PORTERET, J., 2002** - *Le rôle des paléo-incendies dans la mise en place et le développement des tourbières du Nord-est du Massif central (2 tomes dont 1 atlas photographique)*. Mémoire de DEA «Interfaces Nature/Sociétés» de Géographie, Université de St-Etienne : 88 p.
- REILLE, M., 1989** - L'origine du pin à crochets dans le Massif central français. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 136, 1 : 61-70.
- REILLE, M., 1990** - *Leçons de palynologie et d'analyse pollinique*. Editions du CNRS : 206.
- REILLE, M., PONS, A. & BEAULIEU, (de) J-L., 1992** - Late and postglacial vegetation, climate and human action in the french Massif central. *Cahiers de micropaléontologie*, 7, 1-2 : 93-106.
- RICHARD, H. (dir.), 2004** - *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques*. Presses Universitaires Franc-Comtoises (*Annales Littéraires : 777. Série Environnement, sociétés et archéologie ; 7*), Besançon, 219 p.
- STEBICH, M., BRÜCHMANN, C., KULBE, T. & NEGENDANK, J. F.W., 2005** - Vegetation history, human impact and climate change during the last 700 years recorded in annually laminated sediments of Lac Pavin, France. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **133** : 115-133.
- STUIVER, M., REIMER, P.J., BARD, E., BECK, J.W., BURR, G.S., HUGHEN, K.A., KROMER, B., Mc CORMAC, G., VAN DER PLICHT, J. & SPURK, M., 1998** - INTCAL 98 radiocarbon age calibration. *Radiocarbon*, 40, 3 : 1041-1083.
- SUCHEL, J.-B., 1990** - Le climat des monts du Forez. In : *Les monts du Forez, le milieu et les hommes*, CEF, Université Jean Monnet, Saint-Etienne : 81-98.
- THÉBAUD, G., CUBIZOLLE, H. & PÉTEL, G., 2003** - Etude préliminaire des hauts-marais ombrotrophes du Forez septentrional et des Bois-Noirs (Massif central, France) : végétation, évolution et dynamique actuelle. *Acta Botanica Gallica*, **150** (1) : 35-57.
- VERGNE, V., 1989** - *L'évolution tardiglaciaire et holocène d'un piémont de moyenne montagne cristalline : l'Artense (Massif central, France)*. Thèse de Doctorat, Université Paris I Panthéon Sorbonne : 354.