



HAL
open science

L'évolution de la végétation à l'Holocène récent et l'augmentation de la pression humaine dans le massif volcanique du Cantal (Massif Central, France) : l'exemple du vallon du Frau (commune de Chavagnac, Cantal)

Franck Fassion, Marie Coursol-Delpy, Jacqueline Argant, Yun Deng-Amiot, Hervé Cubizolle, Frédéric Trément

► **To cite this version:**

Franck Fassion, Marie Coursol-Delpy, Jacqueline Argant, Yun Deng-Amiot, Hervé Cubizolle, et al.. L'évolution de la végétation à l'Holocène récent et l'augmentation de la pression humaine dans le massif volcanique du Cantal (Massif Central, France) : l'exemple du vallon du Frau (commune de Chavagnac, Cantal). Quaternaire, 2015, 26 (4), pp.307-323. 10.4000/quaternaire.7467. halshs-01838198

HAL Id: halshs-01838198

<https://shs.hal.science/halshs-01838198>

Submitted on 13 Jul 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

L'ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION À L'HOLOCÈNE RÉCENT ET L'AUGMENTATION DE LA PRESSION HUMAINE DANS LE MASSIF VOLCANIQUE DU CANTAL (MASSIF CENTRAL, FRANCE) : L'EXEMPLE DU VALLON DU FRAU (COMMUNE DE CHAVAGNAC, CANTAL)



Franck FASSION¹, Marie COURSOL-DELPY², Jacqueline ARGANT³,
Yun DENG-AMIOT⁴, Hervé CUBIZOLLE¹ & Frédéric TRÉMENT²

RÉSUMÉ

Les travaux de reconstitution paléoenvironnementale conduits dans le vallon du Frau au nord-est du massif du Cantal apportent des informations nouvelles dans un secteur géographique peu documenté. Les études archéologiques menées sur ce vallon ont été complétées par des analyses paléoécologiques menées sur une carotte de sédiments extraite de la tourbière du Frau. L'interprétation des résultats des analyses permet de montrer comment les sociétés humaines ont progressivement étendu leurs activités agro-pastorales dès la mise en place de la tourbière au Néolithique final et modifié leur environnement en particulier par les défrichements et par le feu. La seconde rupture dans l'histoire des relations entre ces sociétés et le milieu se place au Moyen Âge central. Le XIII^e siècle marque en effet le début d'une période de construction du paysage tel qu'on le connaît aujourd'hui avec une extension maximale de l'emprise humaine. De nombreux hameaux et diverses structures agro-pastorales sont ainsi associés à la quasi-disparition de la forêt, les espaces pâturés et cultivés gagnant du terrain. Cette extension des activités agro-pastorales semble affecter le fonctionnement hydro-sédimentaire du bassin versant avec des conséquences différentes selon les périodes : mise en place de la tourbière, hausse de l'activité morphogénique sur les versants, dégradation de la végétation et des sols.

Mots-clés : histoire de la végétation, anthropisation, archéologie, macrorestes végétaux, palynologie, massif du Cantal, France

ABSTRACT

LATE HOLOCENE VEGETATION CHANGE AND INCREASING OF ANTHROPOGENIC PRESSURE IN THE VOLCANIC MOUNTAINS OF CANTAL (MASSIF CENTRAL, FRANCE): THE EXAMPLE OF THE VALLON DU FRAU

This paper discusses the results of a palaeobotanical and archaeological analyses carried out in the North-Eastern part of the massif of Cantal in the valley of the Frau. This area is not as well studied as other regions of the Massif Central to which this mountain belongs. The archaeological research conducted in this valley was completed by palaeobotanical analyses performed on a core extracted from the peatbog of the Frau. The results clearly reveal how human populations gradually extended their agro-pastoral activities and in turn modified the environment. Active clearings, especially through fire, were used since the end of the Neolithic period in order to extend agro-pastoral activities. The second transformation in the environment caused by the people who inhabited this region dates to the 13th century. This period marks the maximal extension of human activities including the setup of hamlets and agro-pastoral settlements and the extension of pastured and cultivated areas. These activities are associated with the almost complete disappearance of the forest. The extension of agro-pastoral activities through time appears to modify the functioning of the hydro-sedimentary basin notably through the inception of peatland, an increase of morphogenic activities and a degradation of vegetation and soils.

Keywords: vegetation history, anthropogenic pressure, archaeology, macrofossils, pollen analysis, massif du Cantal, France

¹ Université de Lyon, EVS-ISTHME - UMR 5600 CNRS, 6 rue Basse des Rives, FR-42023 SAINT-ÉTIENNE cedex 2.

Courriel : franck.fassion.1@gmail.com, herve.cubizolle@orange.fr

² Université Blaise Pascal, CHEC - EA1001, Maison des Sciences de l'Homme, 4 rue Ledru, FR-63057 CLERMONT-FERRAND cedex 1.

Courriel : marie.delpy@gmail.com, frederic.trement@univ-bpclermont.fr

³ Aix-Marseille Université - LAMPEA UMR 7269 CNRS MMSH (Aix-en-Provence), Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme, 5 rue du Château de l'Horloge, FR-13094 AIX-EN-PROVENCE cedex 2. *Courriel* : j.argant@wanadoo.fr

⁴ Université Claude Bernard Lyon 1 CNRS UMR 5276 LGLTPE et École Normale Supérieure de Lyon, 2 rue Raphaël Dubois, FR-69622 VILLEURBANNE cedex. *Courriel* : yun.deng@bbox.fr

1 - INTRODUCTION

Depuis plusieurs décennies, les espaces montagnards ont suscité l'intérêt des paléoenvironnementalistes et des archéologues. De nombreuses études ont ainsi été menées dans les Alpes (de Beaulieu *et al.*, 2003 ; Court-Picon *et al.*, 2007 ; Segard, 2009), les Pyrénées (Galop, 1998 ; Galop *et al.*, 2013 ; Rendu *et al.*, 2013), le Jura (Gauthier, 2001 ; Richard *et al.*, 2000 ; Richard & Vignot, 2002), sur les Hautes-Chaumes des Vosges (Goepf, 2007) et dans le Massif central (Morvan : Jouffroy-Bapicot *et al.*, 2013 ; Livradois-Forez : Argant & Cubizolle, 2005 ; Fassion, 2013 ; Cubizolle *et al.*, 2014 ; Mézenc : Dendievel *et al.*, 2014 ; Cantal : Surmely *et al.*, 2009 ; Cézallier : Miras & Guenet, 2011 ; plateau des Millevaches : Miras, 2004 ; Combrailles : Prat, 2006 ; Massounie, 2015). Cependant, aucune recherche récente n'a été effectuée sur les versants nord-est et est des monts du Cantal. Ce secteur de moyennes montagnes offre un cadre d'étude original car, d'une part, de nombreuses tourbières susceptibles d'avoir enregistré les diverses évolutions environnementales à l'Holocène y sont présentes et, d'autre part, cet espace, situé en périphérie des grandes « places centrales » entre le second âge du Fer et le haut Moyen Âge, n'a fait l'objet que de recherches archéologiques et historiques ponctuelles depuis le XIX^e siècle. L'objectif de cette étude était donc double :

- préciser l'évolution de l'emprise humaine sur les milieux telle qu'elle apparaît à travers les analyses du pollen, des macrorestes végétaux et des flux de charbons et de sables ;

- confronter les données paléoécologiques au corpus de données archéologiques disponibles pour le secteur.

Nos efforts se sont concentrés sur le haut bassin versant du Frau dans le massif volcanique du Cantal (commune de Chavagnac, Cantal). Cette tête de bassin versant offre un potentiel archéologique important compte tenu de la présence de parcelles déboisées favorables aux recherches archéologiques. Elle comporte également dans la partie médiane du vallon une tourbière basse épaisse d'environ 176 cm surmontant quelques décimètres de sédiments organiques d'origine colluviale. La démarche adoptée associe des analyses paléoécologiques conduites sur la carotte extraite de la tourbière du Frau à des recherches archéologiques.

2 - SECTEUR D'ÉTUDE ET CONTEXTE HISTORIQUE

Le secteur d'étude est localisé à l'extrémité nord-est du massif du Cantal (Massif central, France) (fig. 1). Il est situé au sein du plus grand strato-volcan d'Europe dont la superficie actuelle atteint 2 700 km² et le point culminant 1 855 m. Ce strato-volcan se présente sous la forme d'un cône surbaissé dont les dimensions à la base sont de 60 km nord-sud et de 70 km est-ouest (Vuittenez, 1964 ; Valadas, 1984 ; Nehlig, 2007). Le vallon du Frau

appartient à la planèze de Chalinarques, qui est une table basaltique située en périphérie des points d'éruption et entaillée par de profondes vallées. Les altitudes dans ce secteur sont comprises entre 1 000 et 1 200 m. Le contexte climatique est de type océanique ouest-européen mais avec une dégradation montagnarde sensible et des oppositions relativement marquées entre les versants exposés aux vents pluvieux d'ouest et ceux sous le vent, exposés à l'est (Bressolette, 1983). Sur le plateau de Chalinarques les hauteurs annuelles d'eau moyennes varient entre 1 000 et 1 200 mm. L'altitude moyenne élevée explique les températures plutôt basses. Les températures estivales sont fraîches – bien que des températures supérieures à 30°C soient parfois rencontrées – alors que les hivers sont froids et que les précipitations prennent souvent une forme neigeuse (durant environ quatre mois dans le secteur du Frau), phénomène accentué par l'« écir », vent qui forme d'importantes congères dans ce secteur (Bressolette, 1983). Le paysage actuel dans les vallons est dominé par les pâtures à poacées, auxquelles il faut ajouter la présence de bosquets de saule (*Salix* sp.) alors que les fonds de vallon plus hydromorphes sont dominés par des jonçaiies (*Juncus effusus* et *Juncus acutiflorus*) avec quelques bosquets arborés (*Betula pubescens* et *Salix* sp.). En dehors des espaces pâturés et jusqu'à 1 400 m d'altitude, le paysage se compose principalement de forêts de sapins pectinés (*Abies alba*) et de pins sylvestres (*Pinus sylvestris*), ces derniers étant un écho des plantations récentes sur les terres agricoles abandonnées depuis le début du XX^e siècle. Dans la tourbière du Frau, qui s'étend sur 3,24 hectares, on trouve essentiellement des linaigrettes engrainées (*Eriophorum vaginatum*) et des joncs (*Juncus effusus* et *Juncus acutiflorus*).

D'un point de vue archéologique, cet espace est situé dans la partie méridionale du territoire des Arvernes, en périphérie des principaux centres politiques, économiques et culturels (Trément, 2013 ; Trément *et al.*, 2014) (fig. 1). À une échelle plus locale, il est localisé à une cinquantaine de kilomètres de deux agglomérations secondaires attestées, Ydes au nord-ouest et Aurillac au sud-ouest (Baret, 2013). Au Moyen Âge, cet espace est successivement sous l'influence de plusieurs seigneurs laïcs et ecclésiastiques (Chassang, 2003) puis a connu un semblant d'unité administrative, religieuse et politique en pays de Haute-Auvergne. D'importants pôles de peuplement se développent ensuite, comme Saint-Flour ou Murat, qui restent encore aujourd'hui d'importants bourgs sur ce territoire (Charbonnier, 1999) (fig. 1).

3 - MÉTHODE

Le travail préparatoire a consisté en une restitution des contextes topographiques, géomorphologiques, hydrologiques et stratigraphiques. Les relevés ont été réalisés à l'aide d'une station totale et d'un tachéomètre Leica 403 L et un GPS Trimble GéoXT. Plusieurs reconstitutions topostratigraphiques ont été réalisées le long de deux profils, l'un longitudinal et l'autre transversal (fig. 2). L'épais-

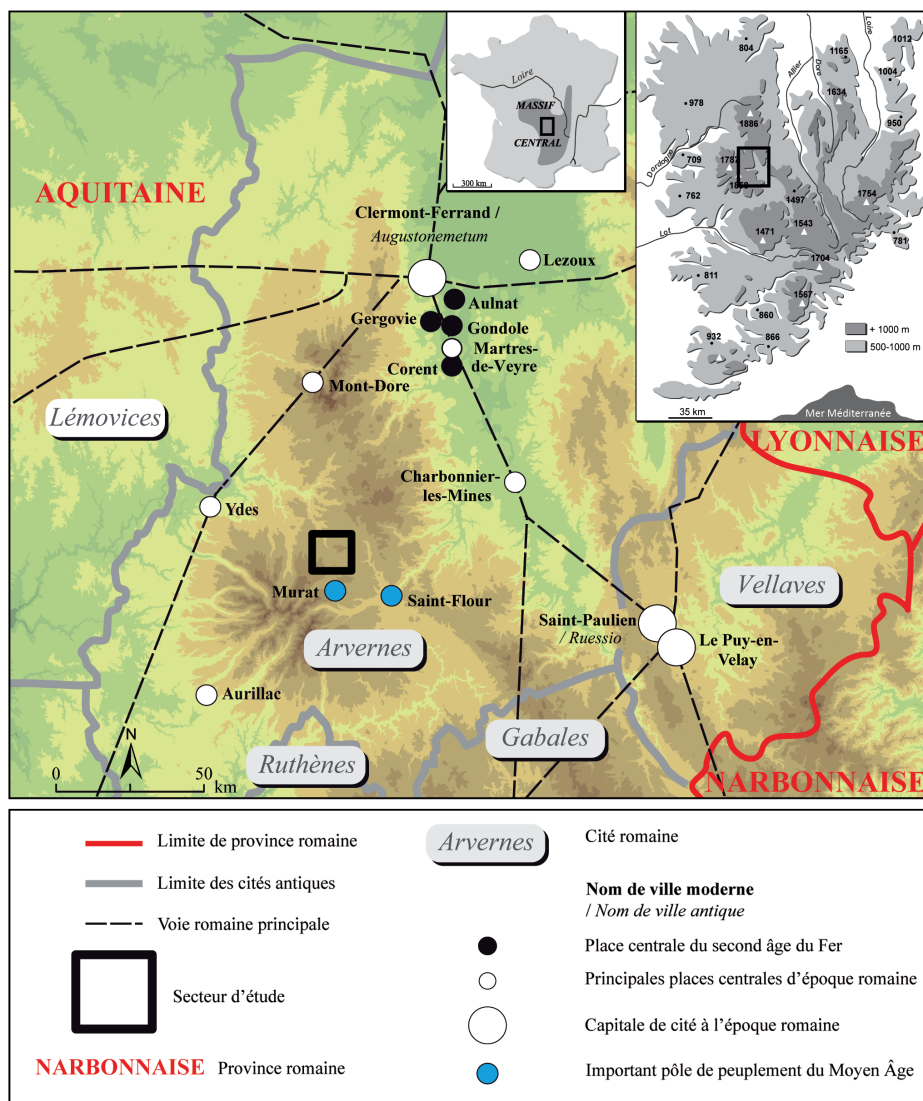


Fig. 1 : Carte de localisation de la zone étudiée.

Fig. 1: Location map of the studied area.

leur des sédiments organiques a été estimée au moyen de sondages à la barre graduée de 1 cm de diamètre. Les épaisseurs d'histosol ont été mesurées tous les 5 à 7 m en dehors de la tourbière, et tous les 2 m dans la tourbière. Ce n'est qu'à l'issue de ce travail préparatoire que trois carottes ont été extraites (C-3152, C-3111, C-3153) dans le secteur le plus profond, considéré comme a priori le plus ancien (fig. 2). On a pour cela utilisé un carottier manuel russe, dont le corps présente une longueur de 60 cm et un diamètre de 50 mm. Le code Munsell et le test de von Post ont été utilisés pour la détermination du type de tourbe et de son degré de décomposition (Parent, 2001 ; Cubizolle, 2009). La carotte C-3111, la plus longue, a été sélectionnée pour les analyses paléobotaniques. Elle a été conditionnée dans un demi-cylindre en PVC et emballée d'un film plastique, puis conservée au réfrigérateur.

La carotte a été découpée en tranches de 2 cm. Chaque échantillon a été divisé en deux, l'un pour l'analyse palynologique et l'autre pour l'analyse des macrorestes végétaux. L'analyse des macrorestes végétaux porte sur 27 échantillons espacés de 8 cm, parfois resserrés à 4 cm afin de mieux identifier les changements de végétations. Le pas d'échantillonnage de 8 cm retenu également pour

l'analyse pollinique correspond au souhait de cerner rapidement les grandes lignes de l'évolution du paysage autour de la tourbière, sans prétendre en saisir le détail. Il s'agit donc seulement d'une approche laissant une étude plus fine toujours possible par la suite.

3.1 - DATATIONS ET CHRONOLOGIE

Six datations par le radiocarbone ont été effectuées par le Centre de Datation par le Radiocarbone de l'Université Claude Bernard (Lyon I, France) ; elles sont présentées dans le tableau 1. Elles ont été calibrées à l'aide du programme OxCal 2013 v. 4.1.7. qui utilise la courbe de calibration IntCal 2013 (Reimer *et al.*, 2013). Enfin, une courbe âge-profondeur a été réalisée à partir de l'application « clam » (Blaauw, 2010), l'outil statistique du logiciel de statistique R (fig. 3).

Les chronozones de l'Holocène reposent sur les travaux de Richard (1999) ; elles sont présentées dans le tableau 2. La chronologie culturelle et historique utilisée dans cet article repose sur celle de Catteddu (2009), Carozza & Marcigny (2007), Georges (2007) et Demoule (2007) et est synthétisée dans le tableau 3.

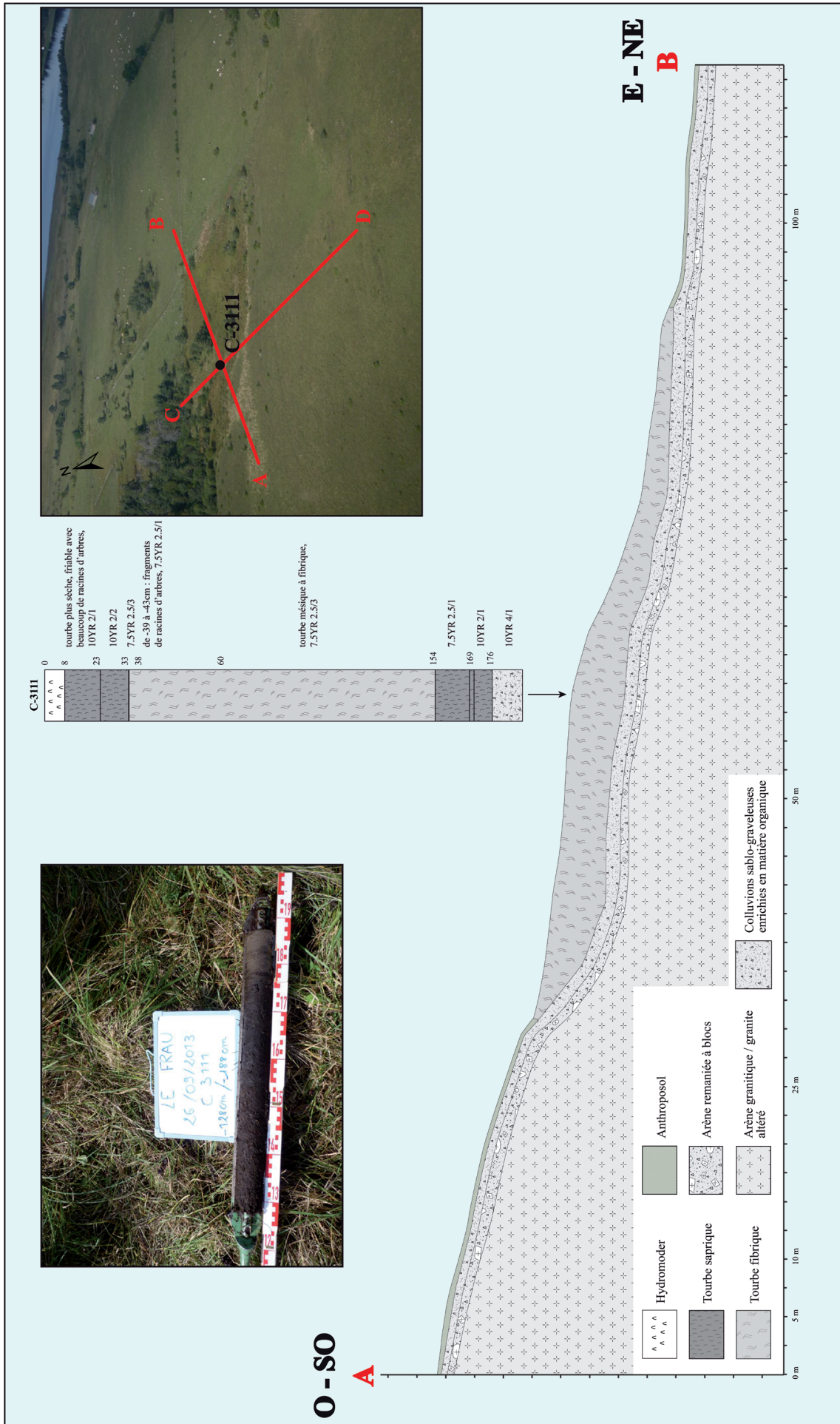


Fig. 2 : Profil de la tourbière du Frau et lithologie de la carotte analysée.
Fig. 2: Cross-section in peatland of the Frau and lithology of the analysed core.

Échantillon / Sample	Profondeur (cm) / Depth (cm)	Matériel / Material	Code laboratoire / Laboratory number *	Radiocarbone age BP	Cal. BC/AD
Frau C-3111	172	tourbe / peat	Lyon-10732 (GrA)	4620 +/- 40	3520-3138 cal. BC
Frau C-3111	162/160	tourbe / peat	Lyon-11405 (GrA)	3395 +/- 45	1876-1548 cal. BC
Frau C-3111	138/136	tourbe / peat	Lyon-11404 (GrA)	1670 +/- 35	255-527 cal. AD
Frau C-3111	96/94	tourbe / peat	Lyon-11403 (GrA)	1405 +/- 35	580-670 cal. AD
Frau C-3111	64/62	tourbe / peat	Lyon-11402 (GrA)	740 +/- 35	1219-1297 cal. AD
Burons de la Boissonnière	US 1202 sect. 2 sond. 12	charbon / charcoal	Lyon-9460 (GrA)	625 +/- 35	1289-1400 cal. AD

Tab. 1 : Liste des datations par le radiocarbone.

Tab. 1: Listing of radiocarbon dates.

Chronozones	Date BP initiale	Date BP finale	Date cal. BP. initiale	Date cal. BP finale
Subatlantique	2700	0	2835	0
Subboréal	4700	2700	5450	2835
Atlantique récent	6000	4700	6850	5450
Atlantique ancien	8000	6000	8835	6850

Tab. 2 : Limites admises pour les chronozones de l'Holocène (d'après Richard, 1999) (calibration IntCal13, Reimer *et al.*, 2013).

Tab. 2: Recognized limits of Holocene chronozone (after Richard, 1999) (calibration IntCal13, Reimer *et al.*, 2013).

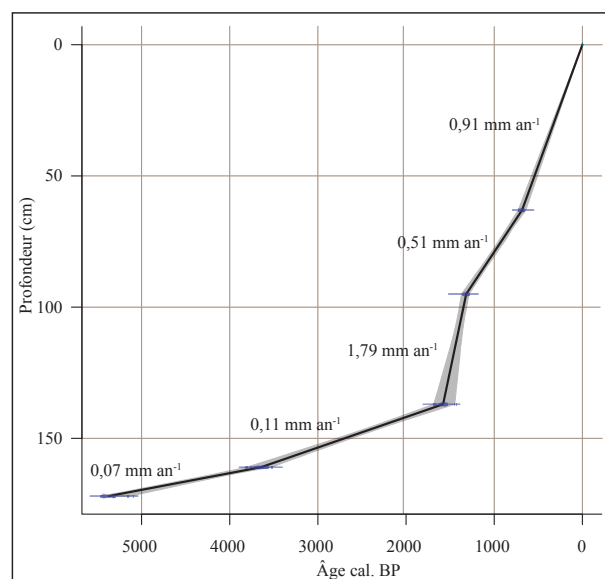


Fig. 3 : Modèle âge-profondeur.

Fig. 3: Age/depth model.

3.2 - MACRORESTES VÉGÉTAUX

Le volume de chaque échantillon a été mesuré par déplacement d'eau dans un bécher (Bhiry & Filion, 2001). Puis les échantillons ont été portés à ébullition pendant 2 à 3 minutes dans une solution à base de KOH à 5 %. Les échantillons ont ensuite été tamisés avec une maille de 0,8, 0,5 et 0,2 μm . Selon la nature des macrorestes végétaux, certains ont été dénombrés (graines, fragments de graines, charbons et *cenococcum* auxquels s'ajoutent les sables) alors que pour les autres leurs volumes ont été estimés et exprimés en pourcentages (racines d'herbacées, restes de *Sphagnum* et de mousses, etc.). Les résultats obtenus pour chaque échantillon ont été recalculés sur la base d'un volume constant de

Périodes culturelles et historiques	Dates cal. AD/BC	Dates cal. BP
Époque contemporaine	1800-1950	150-0
Époque moderne	1500-1800	450-150
Bas Moyen Âge	1300-1500	650-450
Plein Moyen Âge/Moyen Âge central	1000-1300	950-650
Haut Moyen Âge	450-1000	1500-950
Gallo-romain	20-450	1970-1500
La Tène	480-20	2430-1970
Halstatt	800-450	2750-2430
Bronze final	1400-800	3350-2750
Bronze moyen	1700-1400	3650-3350
Bronze ancien	2300-1700	4200-3650
Néolithique final	3500-2100	5450-4050

Tab. 3 : Chronologie culturelle utilisée dans cet article.

Tab. 3: Cultural chronology used in this paper.

13,65 cm^3 qui correspond au volume moyen des échantillons analysés (Beaulieu-Audy *et al.*, 2009). L'identification des différentes pièces des macrorestes végétaux repose sur la comparaison avec des collections et atlas de références (Berggren, 1969 ; Crum & Anderson, 1981 ; Ireland, 1982 ; Lévesque *et al.*, 1988 ; Daniels & Eddy, 1990 ; Smith, 1996 ; Bastien & Garneau, 1997 ; Mauquoy & Van Geel, 2007 ; Cappers *et al.*, 2012 ; UNIVEGE - Herbiers Universitaires de Clermont-Ferrand). La terminologie des espèces de plantes provient de Marie-Victorin (1995) pour les vasculaires et de Crum et Anderson (1981) pour les non vasculaires. Deux diagrammes ont été réalisés à l'aide du logiciel Palaeo Data Plotter Beta test version 1.0 (Juggins, 2002) (fig. 4a et 4b).

Le Frau (Chavagnac, Cantal) - 1185 m

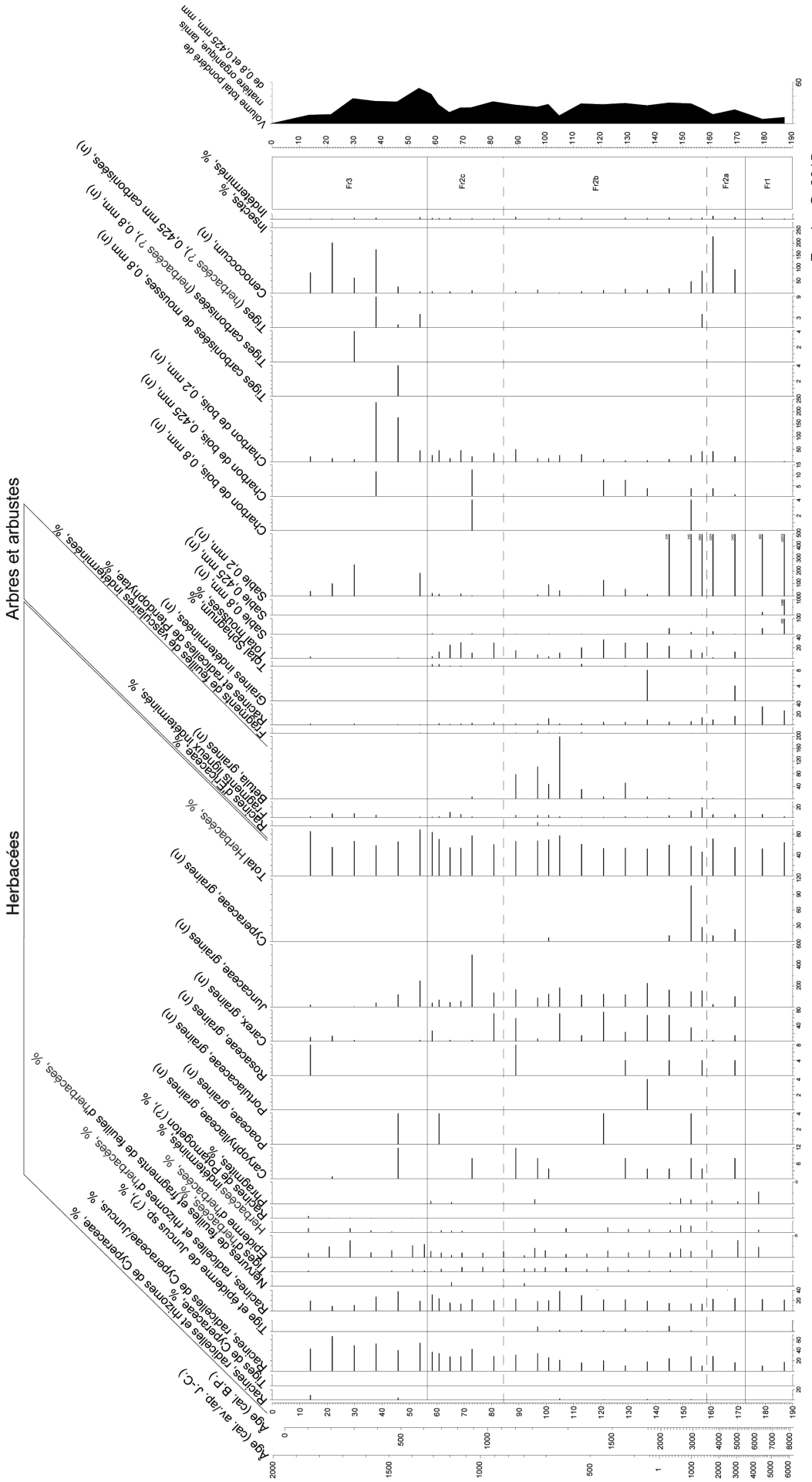


Fig. 4a : Diagramme simplifié de l'analyse des macrorestes végétaux.
Fig. 4a: Simplified diagram of plant macrofossils analysis.

Le Frau (Chavagnac, Cantal) - 1185 m

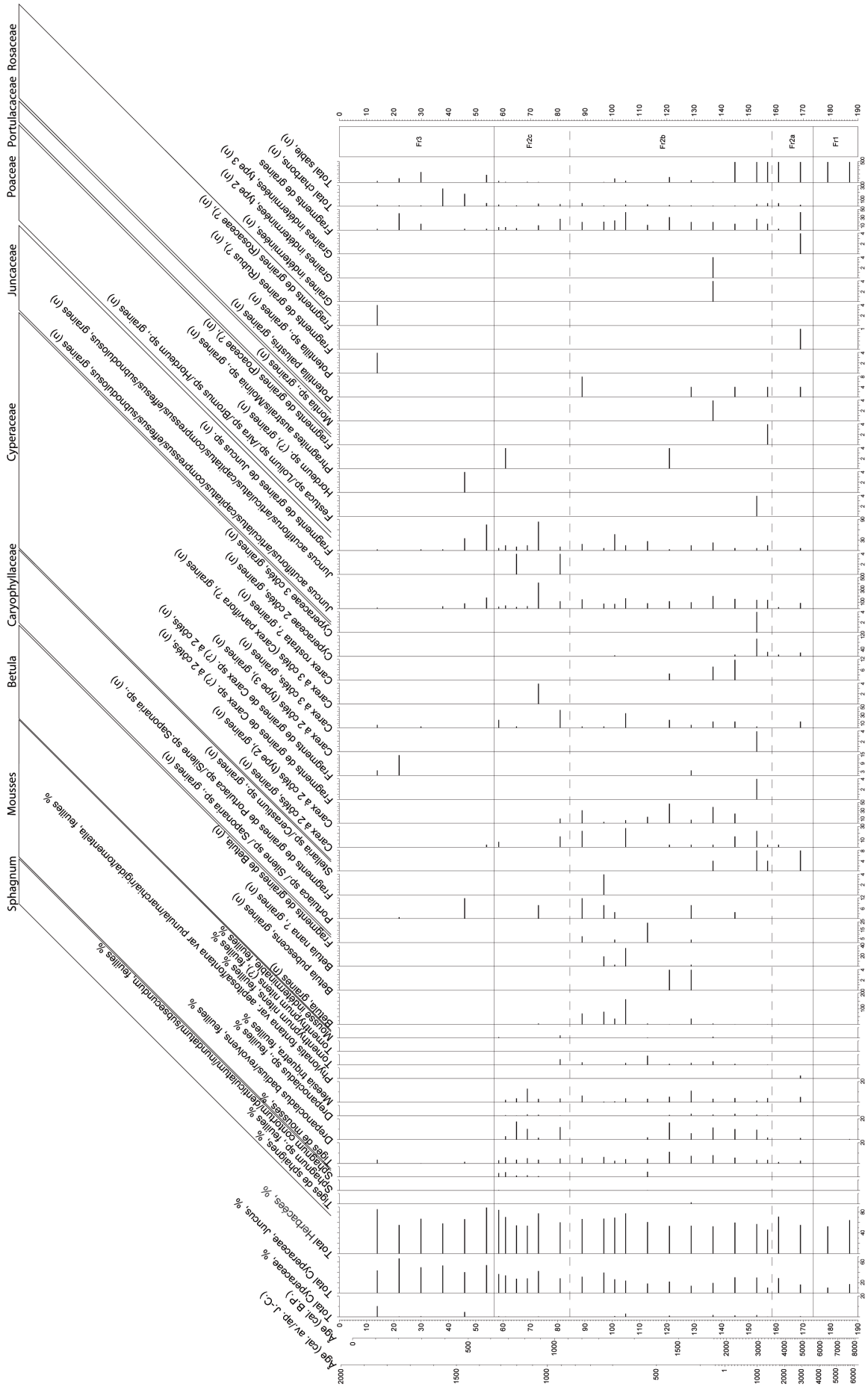


Fig. 4b : Diagramme des macrorestes végétaux de taxons sélectionnés.
 Fig. 4b : Diagram of selected taxa plant macrofossils.

3.3 - PALYNOLOGIE

Bien que la majeure partie des échantillons correspondent à de la tourbe, ils ont été traités suivant la méthode classique de concentration en liqueur dense (Thoulet, $d = 2$) destinée aux sédiments minéraux (Argant, 1990), après décarbonatation par l'acide chlorhydrique, désilicification par l'acide fluorhydrique (40 % à froid), traitement par la potasse à chaud (10 min) pour éliminer le maximum de matière organique.

Pour l'analyse, 20 μ l du culot obtenu montés dans la glycérine ont ensuite été observés au microscope optique ($G = 500$). Les déterminations ont été réalisées avec l'aide des atlas photographiques de Reille (1999) et les collections de comparaison (ARPA). Les données palynologiques ont été représentées sous la forme de diagramme en silhouette à l'aide du logiciel Tilia (Grimm, 1987, 1991-2011, version 1.7.16). Les pourcentages sont exprimés en fonction de la somme pollinique totale, à l'exclusion des Cyperaceae, des autres taxons hygrophiles ou aquatiques, et des spores de Ptéridophytes. Des zones locales d'assemblage pollinique (ZP) ont été définies à l'aide d'une analyse statistique de classification hiérarchique stratigraphiquement contrainte de type CONISS (Grimm 1987).

Malgré un état de conservation médiocre, 400 grains de pollen et spores par échantillon ont en moyenne été comptés, et le nombre de taxons reconnus, compris entre 20 et 36 (sauf pour 2 échantillons avec 15 et 18 taxons seulement), donne une image valable de la végétation représentée par le diagramme figure 5.

3.4 - ARCHÉOLOGIE

Les recherches archéologiques décrites dans cet article s'inscrivent dans le cadre de la thèse de doctorat de M. Delpy-Coursol sur la reconstitution de l'occupation du sol dans le haut bassin de l'Alagnon (massif du Cantal, France). Ces investigations, dont certaines en cours, portent sur cinq secteurs d'étude dont une concerne le vallon du Frau. Les recherches conduites dans ce dernier secteur couvrent une superficie d'environ 215 hectares. Elles ont débuté par un dépouillement de la bibliographie disponible (rapports scientifiques, publications, inventaires communaux, archives, ouvrages généraux) afin de dresser un état des lieux des connaissances. Ce dépouillement a été complété par des enquêtes orales auprès de différents acteurs du territoire (érudits locaux, membres d'associations du patrimoine, agriculteurs). Dans un deuxième temps, une reprise pour étude du mobilier découvert antérieurement (conservé dans les musées d'Arts et d'Archéologie d'Aurillac et de la Haute-Auvergne à Saint-Flour, au service régional de l'archéologie d'Auvergne ainsi que dans des collections privées) a été effectuée afin de préciser les fourchettes chronologiques des sites déjà connus. Le travail s'est poursuivi par une étude de carto/photo-interprétation réalisée à partir de photographies aériennes verticales anciennes et récentes fournies par l'IGN, d'images satellites disponibles dans le domaine public et de cartes

anciennes (carte de Cassini, cadastre « napoléonien » et carte d'état-major principalement). En parallèle, des prospections aériennes et des prospections pédestres ont été réalisées afin de vérifier les informations précédentes et de recueillir de nouvelles données. Les prospections ont été menées en terrain non labouré, le plus souvent dans des zones d'estive. Une attention particulière a été portée aux anomalies micro-topographiques, aux taupinières et aux chemins de passage des bêtes, qui sont des lieux préférentiels de remontée du matériel archéologique du fait des perturbations causées par les animaux. Ce travail de prospection a permis de dater et de mieux comprendre l'agencement des sites à l'échelle du plateau de Chalinargues. La dernière étape de ce travail consistait à effectuer des sondages sur des structures agro-pastorales afin d'acquérir un maximum de données sur ce type de vestiges : architecture, phase(s) d'occupation, fonction... L'ensemble des données a été compilé dans un SIG pour être cartographié, analysé, croisé et interprété dans l'espace et dans le temps. À l'issue de ces opérations, il est apparu que le corpus de données archéologiques était très hétérogène, avec une qualité très variable de l'information. Une typologie descriptive des données archéologiques a donc été créée afin de classer ces derniers en six catégories (site, indice de site, découverte isolée, bruit de fond, autre donnée bibliographique, épandage) selon la qualité des informations connues (Trément, 2011 : 88 ; Delpy *et al.*, 2011).

4 - RÉSULTATS

4.1 - ARCHÉOLOGIE

Au total, 29 sites, 23 indices de sites, 3 découvertes isolées et 8 autres données bibliographiques ont été recensés. Deux ensembles pastoraux ont été sondés durant l'été 2012 (Delpy, 2012). À partir de tous ces éléments, il est possible d'esquisser une première image de l'occupation humaine de cet espace dans la longue durée. Les plus anciennes traces reconnues de la présence de l'homme sont datées de la Protohistoire, vraisemblablement de l'âge du Fer (fig. 6). Le dépouillement bibliographique a permis de recenser une dizaine de tumuli, mais certains d'entre eux n'ont pas été retrouvés en prospection (disparus depuis ? mauvaise géolocalisation ?). En l'absence d'informations complémentaires, la qualification de tumulus reste hypothétique ; il peut également s'agir d'épierrements dont la datation reste indéterminée. Un seul d'entre eux est caractérisé avec certitude de par sa forme et ses dimensions. Cependant, et en l'absence de fouille, il est impossible de préciser davantage sa chronologie. Les témoignages d'occupation sont plus nombreux pour l'Antiquité et en particulier le Haut-Empire (fig. 6), période pour laquelle une petite *villa* et un cimetière attenant ont été fouillés (Vinatié, 1977). Une première phase d'occupation du site est datable de La Tène III-début du Haut-Empire. L'occupation la plus dense de la *villa* couvre les 1^{er} et 2^e siècles ; une extension du site a lieu durant le 2^e siècle ; enfin cinq tombes sont datées des 1^{er}/

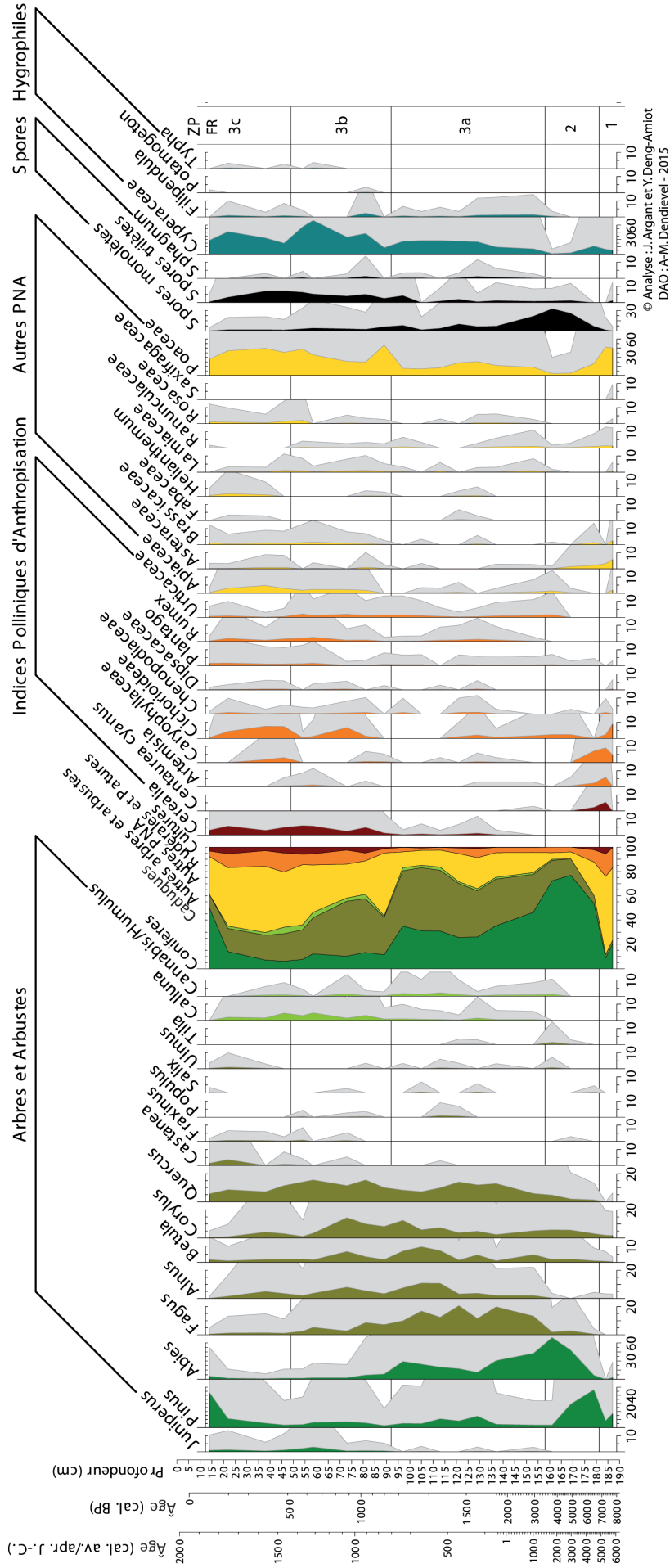


Fig. 5: Diagramme de l'analyse palynologique.
Fig. 5: Pollen diagram.

© Analyse : J. Argant et Y. Deng-Amiot
DAO : A-M. Dendievel - 2015

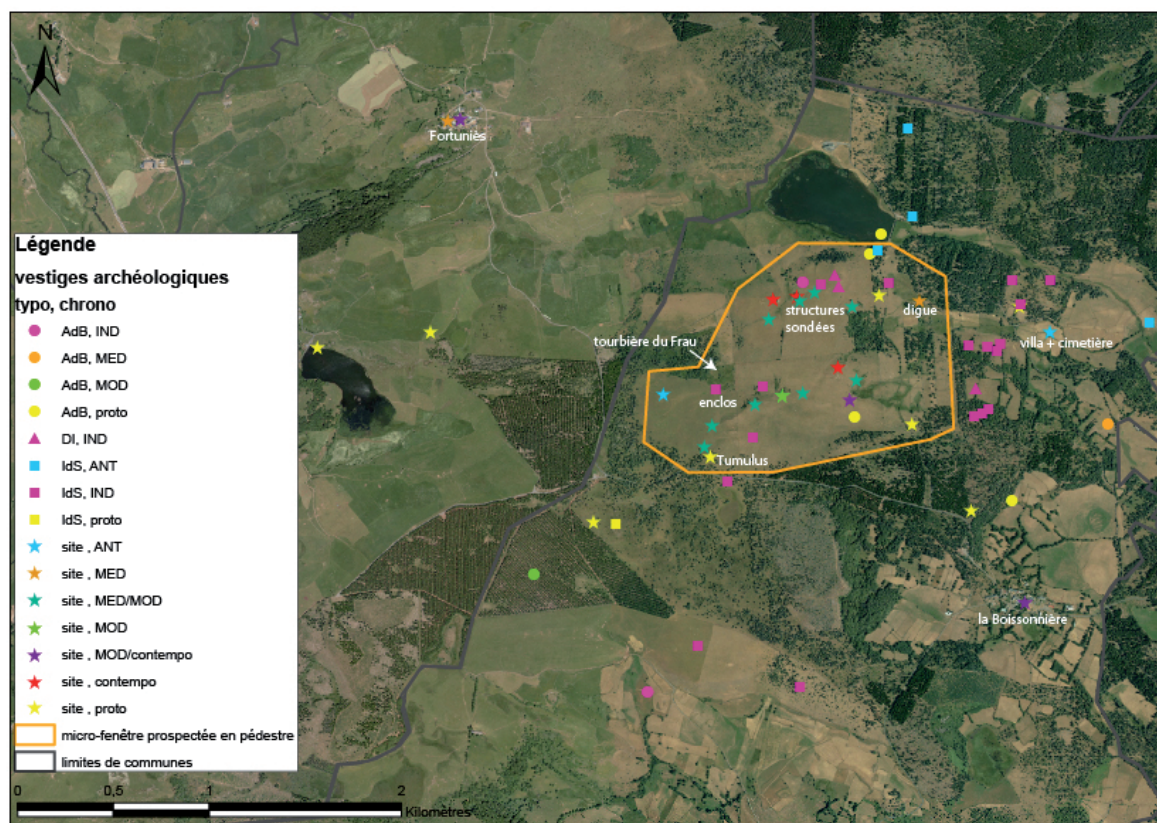


Fig. 6 : Carte de localisation de l'occupation du sol dans les environs immédiats de Chavagnac.

Fig. 6: Location map of human occupation in the vicinity of Chavagnac.

II^e siècles. À côté de ce site, d'autres indices d'occupation antique ont été mis au jour comme l'attestent les concentrations de mobilier découvert en trois points distincts de cet espace (Vinatié & Baillargeat, 2002). Enfin, citons les structures interprétées par A. Vinatié comme des enclos (Vinatié & Baillargeat, 2002), mais dont la caractérisation fonctionnelle est incertaine en l'absence de fouille. Il s'agit de deux structures espacées d'environ 30 m, l'une rectangulaire de 45x35 m, et l'autre quasiment carrée de 12x13 m. Le mobilier découvert antérieurement (Vinatié & Baillargeat, 2002) et plus récemment en prospection pédestre (Delpy, 2012) atteste que ces sites ont été occupés au cours de l'antiquité, sans qu'il soit malheureusement possible de déterminer la nature de cette occupation. Cependant, et en l'absence de fouilles, on ne peut pas exclure que les enclos aient été mis en place postérieurement à cette occupation antique. Enfin, et en l'état de la documentation archéologique, aucun indice n'atteste une occupation de ce secteur durant la transition Bas-Empire/haut Moyen Âge.

Au Moyen Âge, ce secteur semble occupé même si les vestiges archéologiques connus et datés avec certitude sont peu nombreux (fig. 6). La présence d'une digue à un kilomètre au nord-est de la tourbière peut être rattachée à la tradition orale d'un petit lac à cette période. Par ailleurs, plusieurs éléments attestent la présence d'habitats groupés. Les vestiges d'un ancien village ont également été retrouvés en prospection pédestre avec l'aide des érudits locaux en 2012. De plus, différentes archives médiévales mentionnent la présence des hameaux de

Fortuniès dès 1273 (Boudartchouk, 1998) et de la Boissonnière à partir de 1498 (Amé, 1897) (fig. 6).

L'occupation du secteur à l'époque moderne prend la forme d'un habitat permanent constitué des deux hameaux de la Boissonnière et de Fortuniès, et par un habitat temporaire composé de proto-burons et de burons, parmi lesquels trois ensembles certains et deux hypothétiques sont situés dans un rayon d'un kilomètre autour de la tourbière du Frau (fig. 6).

Enfin, une trentaine de vestiges agro-pastoraux ont été découverts en prospection. Ils présentent une grande variété de formes et leur état de conservation est très variable – de structures encore en élévation à des structures très arasées. Leur fonction et leur chronologie restent indéterminées. Outre les burons modernes et contemporains, avec ou sans enclos et avec ou sans annexes, on observe un important parcellaire en pierres sèches ainsi que de nombreuses structures en creux, aussi appelées « burons en peignes » (Fournier & Fournier, 1983), « cases » ou « tras ». Ces dernières présentent différents aspects : cases isolées, groupées ou alignées. Les sondages réalisés sur deux de ces ensembles (fig. 6), un alignement (BdB1) et un groupement (BdB2), ont permis d'identifier des cases semi-enterrées (Delpy, 2012). Il semble qu'il y ait eu une élévation de murs en pierres sèches comprenant au moins une assise, si ce n'est l'ensemble du mur. L'absence de matériaux de couverture, de type lauze ou ardoise, laisse supposer une couverture en matériaux périssables. Le mobilier céramique laisse supposer un habitat temporaire et/ou des espaces de

stockage selon les modules fouillés. Ce même mobilier a permis de définir une fourchette chronologique large qui va de la période médiévale à la fin de l'époque moderne. Cette phase d'utilisation du site est appuyée par la datation ^{14}C d'un charbon daté du XIII^e siècle (tab. 1) qui a été prélevé à partir d'un niveau correspondant vraisemblablement à un sol dans l'alignement BdB1.

4.2 - LITHOSTRATIGRAPHIE ET MODÈLE ÂGE-PROFONDEUR

La partie située au-dessous de 176 cm de profondeur est composée d'un faciès organo-minéral très riche en sables et en graviers (fig. 2). Au-dessus et jusqu'à 154 cm de profondeur, la tourbe est saprique. Peu de matériel est visible à l'œil nu contrairement aux sables. On note cependant un changement de couleur à 169 cm (fig. 2). Au-dessus, et jusqu'à 38 cm, la tourbe mésique à fibrique est assez homogène ; de longues fibres y sont bien visibles. De plus, des fragments de racines d'arbres sont présents de 43 à 39 cm. Au-dessus, et jusqu'à 8 cm de profondeur, la tourbe est saprique. Une rupture nette s'opère à 23 cm où la tourbe est plus sèche, friable et contient beaucoup de racines d'arbres. Enfin, les huit derniers centimètres de la carotte sont constitués d'une forme d'humus de type hydromoder qui comprend la végétation de surface et la végétation en décomposition.

En parallèle, un modèle âge-profondeur a été réalisé à partir des cinq datations par le radiocarbone (fig. 3, tab. 1). Le démarrage de la tourbière semble avoir eu lieu vers 6 000 BP (4 050 av. J.-C.). On observe deux phases bien distinctes dans les dynamiques d'accumulation de tourbe. La première phase couvre une vaste période chronologique, entre 6 000 BP (4 050 av. J.-C.) et 1 695-1 423 ans cal. BP (255-527 ans cal. ap. J.-C.) et s'étend de -176 à -138/-136 cm. L'accumulation de matière organique, très lente, varie de 0,07 à 0,11 mm. an⁻¹. Cette faible vitesse d'accumulation semble résulter de mauvaises conditions de conservation comme l'atteste la présence de tourbe saprique. La seconde phase s'étend de -138/-136 cm à la surface. On observe une nette rupture de la vitesse d'accumulation de tourbe, qui augmente fortement et atteint jusqu'à 1,79 mm.an⁻¹. Cette hausse très importante et brutale semble résulter de meilleures conditions de conservation attestées par la présence de tourbe mésique à fibrique.

4.3 - ANALYSE POLLINIQUE

Trois zones polliniques (ZP) principales ont été distinguées.

– La zone pollinique FR-1 (échantillons -187 et -184 cm), correspond à la couche organo-minérale sur laquelle s'est formée la tourbe. Les deux spectres correspondants, datés vers 5 787 et 5 315 av. J.-C. selon le modèle âge-profondeur (fig. 3), sont pauvres en pollen d'arbres (21 et 10 %) représentés surtout par le pin (*Pinus*), le bouleau (*Betula*) et le noisetier (*Corylus*). Ils sont aussi caractérisés par un cortège d'herbacées steppiques dominées par les Poaceae accompagnées de diverses Asteraceae (dont les Cicho-

rioideae et *Artemisia*), Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, *Rumex*, qui évoquent des conditions climatiques rigoureuses. L'abondance de matériel détritique sableux plus ou moins grossier indique que la mise en place de ce sédiment peut être liée à un phénomène érosif. On ne peut exclure dans ces conditions la conservation des seuls taxons les plus résistants, donnant une image biaisée et incomplète de la végétation antérieure à la mise en place de la tourbe. Le matériel pollinique représenté est probablement en partie remanié à partir de dépôts plus anciens qu'il n'est donc pas possible de dater précisément (fin du Tardiglaciaire ? Préboréal ou Boréal ?).

– La zone pollinique FR-2 (échantillons -180 à -161 cm), correspond au démarrage de la turfigenèse. Elle est marquée surtout par la fermeture relative du paysage due au développement de la sapinière. Les composants classiques de la chênaie mixte (*Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Fraxinus*) sont tous présents mais en faible quantité, et les herbacées steppiques ont toutes fortement régressé. Dans la partie septentrionale du massif du Cantal, ni le sapin ni le hêtre n'apparaissent en courbe continue avant la fin de l'Atlantique (vers 5 000 BP), mais leur présence aléatoire peut être notée beaucoup plus tôt dès la fin du Boréal selon les sites (de Beaulieu *et al.*, 1982). La présence du sapin en quantité importante ici à partir de -169 cm peut caractériser le Subboréal, conforme avec la date 5 470-5 088 cal. BP (3 520-3 138 cal. av. J.-C.) obtenue à -172 cm. Cette chronozone apparaît peu développée et peut-être tronquée, soit par des phénomènes d'érosion naturels soit par l'action de l'homme comme le montre la suite du diagramme.

– La zone pollinique FR-3 rassemble les échantillons de -155 à -14 cm. Elle se caractérise par la présence constante d'indices de cultures et d'activités pastorales et par la baisse régulière du pollen d'arbres, qui permet de distinguer trois sous-zones :

– FR-3-a (-155 à -95 cm) voit passer le pourcentage de pollen d'arbres de 90 % à 70 % à cause de la chute importante des taux de sapin, puis la légère remontée des essences héliophiles (bouleau, pin), du hêtre et du chêne permet sa stabilisation autour de 80 %. Cette légère ouverture du milieu qui s'accroît vers 450 cal. ap. J.-C. (datation ^{14}C obtenue à 138/136 cm, tab. 1), à la fin de l'époque romaine, est à mettre en relation avec des indices de cultures discrets qui apparaissent bientôt régulièrement. On note également une courbe presque continue de plantain (*Plantago*) et d'oseille (*Rumex*), une progression des Poaceae et la présence de rudérales, le tout indiquant le développement d'activités agricoles et pastorales aux alentours du marais, où on assiste à l'accroissement des valeurs des Cyperaceae et de l'aulne (*Alnus*). À noter une occurrence de châtaignier (*Castanea*) à -113 cm, que l'on peut dater vers 520 ap. J.-C. selon le modèle âge-profondeur (fig. 3). L'augmentation des pourcentages de bouleau et l'apparition de la callune à la surface de la tourbière entre 120 et 95 cm (que l'on peut dater entre 520 à 625 ap. J.-C. selon le modèle âge-profondeur et de 580 à 670 cal. ap. J.-C. par le ^{14}C , datation obtenue à 96/94 cm, fig. 3 et tab. 1) sont une conséquence possible des feux mis en évidence par l'étude des macrorestes végétaux.

– FR-3b (entre 625 et 1 421 ap. J.-C. selon le modèle âge-profondeur, -95 à -50 cm) est caractérisée par une nouvelle baisse des AP (de 80 à 40 % en moyenne) due à la réduction drastique à la fois de la sapinière et de la hêtraie. L'ouverture qui en résulte profite au pin et aux Poaceae, et la progression du genévrier signe la dégradation de la végétation. Le taux de céréales progresse nettement, jusqu'à 5,9 % à -54 cm, ce qui, étant donné le faible taux de dispersion du pollen de ces plantes (Diot, 1992), suppose la proximité des champs cultivés. Sont également en hausse les taux de rudérales et de la callune. À partir de la fin du haut Moyen Âge l'accentuation de la pression anthropique devient donc évidente.

– FR-3c (-50 à -14 cm). L'évolution constatée au Moyen Âge se poursuit à l'époque moderne. À partir de 1 450 ap. J.-C. environ, le taux de pollen d'arbres diminue de nouveau en se fixant aux alentours de 25 %, ce qui correspond à la disparition quasi totale du sapin et du hêtre. Seul le chêne se maintient mais reste faiblement représenté. La courbe continue du châtaignier amorcée vers 900 ap. J.-C. s'accentue nettement vers 1 770 ap. J.-C. Les indices de pâturage et de cultures restent stables et la zone humide fortement marquée par les Cyperaceae. Près de la surface, à -14 cm, soit vers 1 850 ap. J.-C., l'augmentation du taux de pollen de pin révèle peut-être une déprise agricole récente.

4.4 - MACRORESTES VÉGÉTAUX

D'une manière générale, les macrorestes végétaux étaient peu nombreux et relativement fragmentés sur l'ensemble de la carotte. Trois zones ont été identifiées (fig. 4a et 4b).

La zone Fr1, de la base de la carotte à 179 cm de profondeur, correspond à la végétation avant la mise en place de la tourbière. Elle était composée essentiellement de Pteridophytae (ptéridophytes), de phragmites et de Cyperaceae/*Juncus* (cypéracées/joncs), ce qui reflète la présence d'une zone humide (fig. 4a). Celle-ci devait également connaître des périodes de bas niveaux d'eau comme le suggère la très faible quantité de matière organique conservée (fig. 4a). De plus, de très nombreux grains de sable ont été rencontrés, parmi lesquels certains d'un diamètre supérieur à 0,8 mm, ce qui atteste des apports en eau de ruissellement provenant du versant (fig. 4a).

Le début de la zone Fr2, qui s'étend de 169 cm à 58,5 cm de profondeur, est caractérisé d'un point de vue sédimentologique par la mise en place et le développement d'une tourbière. Cette zone comporte trois sous-zones.

– La première sous-zone, Fr2a de 169 cm à 161 cm de profondeur, marque la mise en place d'une flore potentiellement turfigène. Les ptéridophytes et les phragmites issus de la zone précédente sont toujours présents, mais en faible quantité. La végétation est ainsi dominée par les joncs (*Juncus acutiflorus/articulatus/capitatus/compressus/effesus/subnodulosus*) et par plusieurs espèces de Carex, l'ensemble étant accompagné de *Stellaria* sp. / *Cerastium* sp., de *Potentilla palustris* (Potentille), et de quelques bryophytes (*Meesia triquetra*, *Phylonitis*

fontana var. *aepitosa*/*fontana* var. *punula/marchia/rigida/tomentella*) (fig. 4b). La présence de fragments ligneux d'essence indéterminée indique celle d'arbres dans la tourbière. Cette sous-zone est également caractérisée par de mauvaises conditions de conservation révélées par la présence de tourbe à faciès saprique (fig. 2), par des sédiments organiques mais non tourbeux, par une accumulation très lente de sédiments (fig. 3), mais encore par la présence d'un grand nombre de champignons ectomycorhiziens du genre *Cenococcum* (fig. 4a) qui indiquent généralement une situation de stress hydrique (Hunt & Fogel, 1983). De nombreux grains de sable d'un diamètre maximal de 0,2 mm sont toujours présents dans cette sous-zone et indiquent des apports en eau de ruissellement provenant des versants (fig. 4a). Enfin, de nombreux charbons de bois d'un diamètre maximal de 0,425 mm ont été observés, ce qui permet d'envisager la présence d'incendies aux abords de la tourbière (fig. 4a). Ces événements sont à replacer entre 5 470-5 088 cal. BP (3 520-3 138 cal. av. J.-C., date obtenue à -172 cm) et 3 826-3 498 cal. BP (1 876-1 548 cal. av. J.-C., date obtenue à -162/-160 cm).

– La sous-zone Fr2b, de 157 cm à 89 cm de profondeur, s'inscrit dans la continuité des phénomènes observés antérieurement. On constate une hausse de la quantité de matière organique conservée (fig. 4a) concomitante à la présence d'une tourbe mésique à fibrique (fig. 2) ainsi qu'à une baisse rapide et importante du nombre de *Cenococcum* et de grains de sable (fig. 4a). Cette sous-zone est également caractérisée par la diversité de la végétation qui se compose de joncs et de plusieurs espèces de carex associées à *Phragmites australis*/ *Molinia* sp., *Stellaria* sp./ *Cerastium* sp., *Potentilla palustris*, *Portulaca* sp./ *Silene* sp./ *Saponaria* sp. et à plusieurs bryophytes (*Drepanocladus badius/revolvens*, *Meesia triquetra*, *Tomenthypnum nitens*) (fig. 4b). L'association de plusieurs espèces de joncs et de carex, de *Drepanocladus badius/revolvens*, de *Meesia triquetra* et de *Potentilla palustris* évoque un habitat humide volontiers rencontré en bordure de cours d'eau ou de source, voire submergé (fig. 4b). De plus, cette tourbière était arborée comme l'attestent les nombreuses graines de plusieurs espèces de *Betula* sp. (bouleau), parmi lesquelles vraisemblablement *Betula nana* (bouleau nain) (fig. 4b). Il n'est donc pas étonnant de constater une augmentation de la quantité de matière organique conservée (fig. 4a) ainsi qu'une nette accélération de la vitesse d'accumulation de matière organique (fig. 3). Enfin, la présence récurrente de charbons de bois d'un diamètre inférieur à 0,2 mm indique la présence de feux dans ce secteur (fig. 4a). Seule la découverte de fragments d'un diamètre compris entre 0,425 et 0,2 mm de 139 à 120 cm prouve la présence de feux aux abords de la tourbière même, événements que l'on peut dater entre 216 et 486 ap. J.-C. (fig. 3).

– La sous-zone Fr2c, de 81 cm à 58,5 cm de profondeur, est caractérisée par des modifications dans le fonctionnement hydrologique de la tourbière et de son bassin versant. On constate la raréfaction des carex et des bouleaux alors que l'association de *Drepanocladus badius/revolvens*, *Meesia triquetra* et de *Sphagnum contortum/denticulatum*/

inundatum/subsecundum indique toujours une humidité importante au sein de la tourbière puisque ces espèces sont rencontrées dans des habitats humides voire submergés (fig. 4b). La réapparition de grains de sable associée à la hausse des charbons de bois à 73 cm atteste non seulement de défrichements à proximité du site de sondage mais également de sols mal protégés par la couverture végétale autour de la tourbière (fig. 4a) ; observations que l'on peut dater vers 890 BP (1 060 ap. J.-C.) (fig. 3).

– La zone Fr3, de 54 cm de profondeur à la surface, évoque de profonds changements du couvert végétal et du fonctionnement de la tourbière. Le début de cette zone est marqué par un pic de grains de sable d'un diamètre de 0,2 mm, ce qui évoque un apport en eau de ruissellement important, mais aussi de nombreux fragments de charbons, ce qui semble indiquer des incendies et la présence de sols partiellement dénudés à proximité de la tourbière (fig. 4a). À 46 cm, la découverte de tiges de mousses carbonisées suggère qu'un incendie a parcouru la tourbière. Ces événements sont à replacer entre 1 358 et 1 545 ap. J.-C. (fig. 3). Cette modification du fonctionnement hydrologique et l'utilisation du feu autour de la tourbière et dedans ont totalement bouleversé son fonctionnement et son couvert végétal. Très peu de fragments de plantes ont été conservés. La végétation se composait essentiellement de joncs, qui se raréfient à partir de 35 cm, associés à quelques bryophytes et bouleaux (fig. 4b). Cette mauvaise conservation des macrorestes végétaux est concomitante d'une baisse significative de la quantité de matière organique conservée, surtout à partir de 30 cm, où la tourbe redevient saprique (fig. 2), puis d'une hausse spectaculaire du nombre de *Cenococcum* (fig. 4a).

5 - DISCUSSION

L'interprétation des données paléoécologiques (pollen, macrorestes végétaux, flux de sables et de microcharbons) et leur confrontation avec le corpus de données archéologiques apportent des éléments à la fois convergents et complémentaires sur l'histoire de la végétation du vallon du Frau et le rôle des sociétés humaines dans les changements du paysage depuis l'âge du Fer.

Il est difficile de décrire avec précision la végétation qui précède le développement de la tourbière, celle-ci se mettant en place à partir de 5 470-5 088 cal. av. J.-C. (3 520-3 138 cal. BC) soit le cœur du Subboréal et le Néolithique final.

5.1 - ORIGINES ET PREMIERS DÉVELOPPEMENTS DE LA TOURBIÈRE

La mise en place d'une tourbière constitue une rupture hydro-sédimentaire majeure. Cette modification se traduit par une modification des bilans hydriques, passant de négatif à nul ou positif, et par un changement pédologique avec le passage d'un sol hydromorphe de type rédoxisol à un histosol (Cubizolle, 2005 : 43). Ce constat est appuyé par la découverte de grandes quantités de

sable, la hausse de l'humidité édaphique et l'augmentation, certes modeste, de la quantité de matière organique conservée (fig. 7). Cependant, on peut s'interroger sur les origines, naturelles ou anthropiques, de la turfigenèse.

On ne dispose pas de données paléoclimatiques pour le massif du Cantal. La période au cours de laquelle la tourbière du Frau se met en place correspond à une période climatique humide identifiée par Magny (2004) dans le Jura et par Barber *et al.* (2004) en Europe centrale et orientale. La mise en place de cette tourbière pourrait donc résulter d'une péjoration climatique humide qui aurait déstabilisé les écoulements.

Cependant, la quantité importante de sable, la hausse de l'humidité édaphique, l'augmentation de la quantité de matière organique conservée ainsi que la présence de charbons et des premiers grains de pollen de rudérales (fig. 7) peuvent également être imputées aux activités humaines. Ainsi, l'extension des activités agro-pastorales dans ce secteur pourrait être à l'origine de la modification des bilans hydriques qui ont permis la mise en place de cette tourbière. Ce modèle d'apparition des tourbières a été mis en évidence par exemple dans l'est du Massif central oriental (Cubizolle *et al.*, 2004, 2012), mais aussi dans les îles Britanniques (Moore, 1975 ; Caseldine & Hatton, 1993). Compte tenu de l'absence de données archéologiques pour cette période dans le vallon du Frau, de la faible quantité de matière organique conservée et de la faible vitesse d'accumulation de matière organique qui en découle, il est difficile de trancher entre influences climatique et anthropique qui ont dû probablement se conjuguer pour provoquer le démarrage de la turfigenèse.

Une seconde rupture hydro-sédimentaire est identifiée entre 157 et 154 cm de profondeur, séquence que l'on peut dater entre 3 311 et 2 961 BP (1 361 et 1 011 av. J.-C.), soit au Bronze final. La tourbe change de faciès pour devenir mésique à fibrique, c'est-à-dire très organique, ce qui dénote de meilleures conditions de conservation et une vitesse d'accumulation plus importante. Cette rupture s'accompagne d'une hausse de l'humidité édaphique et de la matière organique conservée, ainsi qu'une baisse du nombre de grains de sable. Si l'on se réfère aux travaux de Magny (2004) et de Barber *et al.* (2004), cette période ne correspond pas à une période climatique humide. En revanche, on constate que la hêtraie-sapinière héritée du Subboréal subit des coupes régulières (fig. 7). La diminution du couvert forestier a pu déstabiliser les bilans hydriques de ce bassin versant en faisant baisser la quantité d'eau captée par la végétation et en augmentant ainsi l'humidité édaphique. Sans totalement écarter le facteur climatique, les activités humaines semblent être à l'origine de cette rupture hydro-sédimentaire.

5.2 - DES MODIFICATIONS DU FONCTIONNEMENT HYDRO-SÉDIMENTAIRE

On constate une nouvelle déstabilisation des écoulements hydriques de versant jusqu'à la fin de l'Antiquité et le début du haut Moyen Âge. En effet, on observe de meilleures conditions de conservation, une augmenta-

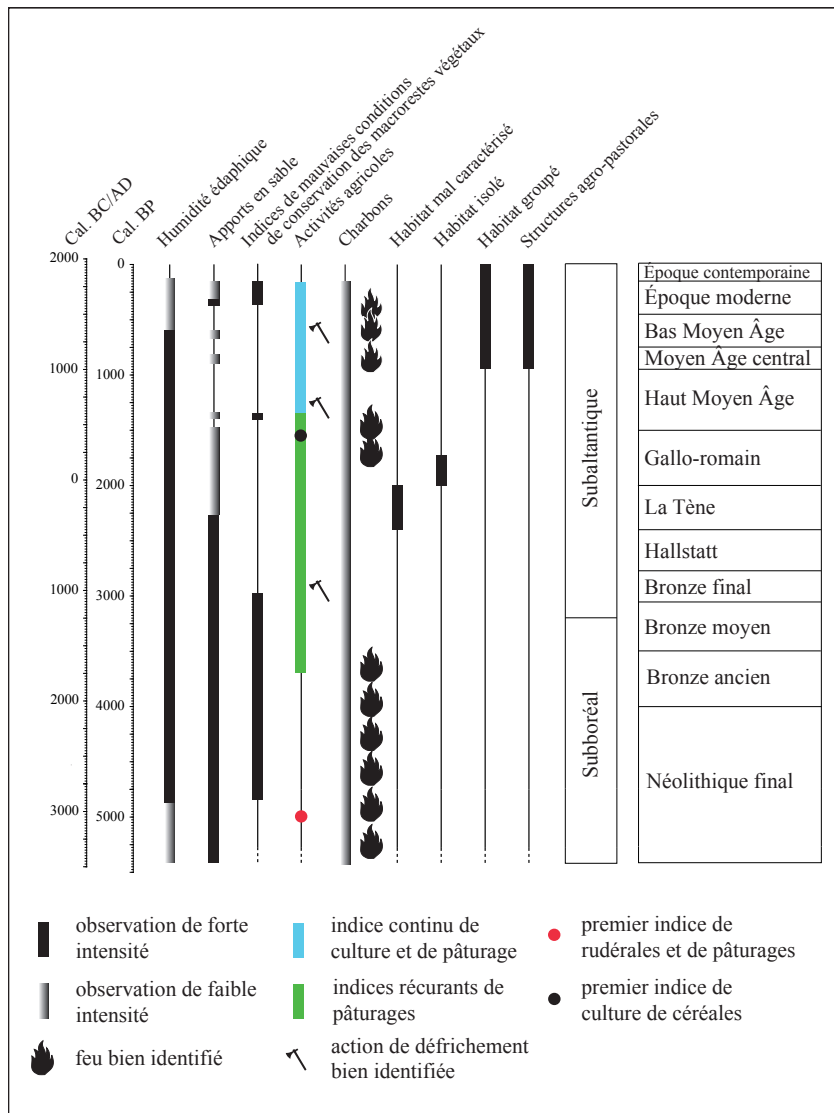


Fig. 7 : Croquis de synthèse des analyses paléobotaniques et des recherches archéologiques.
Fig. 7: Synthesis sketch of palaeobotanical analyses and archaeological researches.

tion de la matière organique conservée, une accélération de la vitesse d'accumulation de tourbe et le développement d'une flore turfigène rencontrée dans des milieux humides voire submergés, associée à la présence d'aunes autour de la tourbière. Si l'on se réfère une nouvelle fois aux travaux de Magny (2004), deux phases climatiques humides sont identifiées, la première de 2 750 à 2 350 cal. BP (800 à 400 cal. av. J.-C.) et la seconde de 1 800 à 1 700 cal. BP (150 à 250 cal. ap. J.-C.). Barber *et al.* (2004) ont mis en évidence deux phases climatiques humides, l'une de 2 800 à 2 200 cal. BP (850 à 250 cal. av. J.-C.), l'autre de 1 800 à 1 700 cal. BP (150 à 250 cal. ap. J.-C.). Si ces variations climatiques ont pu initier des modifications du fonctionnement hydrologique du vallon du Frau, cette hypothèse n'est pas tout à fait satisfaisante car le massif du Jura connaît également des périodes climatiques plus sèches. En effet, si ces phases climatiques ont entraîné un abaissement conséquent du niveau des lacs jurassiens, il est étonnant que cette baisse de l'humidité n'ait eu aucun impact sur le fonctionnement hydrologique du bassin versant du Frau. En revanche, cette période est marquée par un accrois-

sement, certes modeste, des activités humaines dans ce secteur. On constate une extension des cultures et des pâturages au détriment de la forêt, qui subit des coupes conséquentes (fig. 7). De plus, la présence de deux incendies à cette période (fig. 7) peut témoigner d'un défrichage par le feu. Par ailleurs, c'est également à l'âge du Fer et au Haut-Empire que les vestiges archéologiques attestent une densification notable de l'occupation humaine, en particulier à proximité immédiate de la tourbière (fig. 7). Ainsi, il semble que l'accroissement des activités humaines associé à des périodes climatiques plus humides soit une nouvelle fois à l'origine d'une déstabilisation des écoulements hydriques de versant et d'une hausse de l'humidité édaphique au sein de la tourbière et de son bassin versant.

5.3 - L'EXTENSION DES ACTIVITÉS AGRICOLES

De la fin de l'Antiquité jusqu'au Moyen Âge central, on constate, une fois de plus, une modification du fonctionnement de la tourbière du Frau marquée par la raréfaction des carex et des bouleaux en faveur d'une flore se

développant dans des habitats humides voire submergés. Cette période est bien individualisée par deux datations ^{14}C (niveau 96/94 cm daté entre 1 280 et 1 370 cal. BP, soit 580 et 670 cal. ap. J.-C.) jusqu'au XIII^e siècle (niveau 64/62 cm daté entre 653 et 731 cal. BP soit 1 219 et 1 297 cal. ap. J.-C.). Cette période est caractérisée par trois phases climatiques humides, une identifiée par Magny (2004) entre 1 300 et 1 100 cal. BP (650 à 850 cal. ap. J.-C.), et deux par Barber *et al.* (2004) entre 1 400 et 1 300 cal. BP (550 à 650 cal. ap. J.-C.) et entre 1 100 et 1 000 cal. BP (850 à 950 cal. ap. J.-C.). Là aussi, cette hypothèse climatique n'est pas totalement satisfaisante. Cette période connaît au moins une phase climatique plus sèche dans le massif du Jura, qui n'a laissé aucune trace dans le vallon du Frau. En revanche, les données paléobotaniques montrent distinctement une forte hausse des activités agro-pastorales de la fin de l'Antiquité jusqu'au Moyen Âge central, avec des défrichages importants de la hêtraie-sapinière et un développement des cultures, particulièrement des céréales. De plus, on observe un pic de charbons et de sable qui peuvent refléter des défrichements par le feu et la présence de sols cultivés à proximité de la zone humide (fig. 7). Même si l'on ne peut pas totalement écarter l'influence de péjorations climatiques, il semble à nouveau que les modifications observées soient directement liées à l'extension des activités humaines.

5.4 - LE CHANGEMENT DANS LA CONFIGURATION DU PAYSAGE AU XIII^e SIÈCLE

À partir du XIII^e siècle, on constate des signes de dégradation de la végétation avec le développement des genévriers, mais aussi des sols avec une hausse de l'érosion, comme le suggère la présence concomitante de sables et de charbons traduisant l'existence de sols dénudés (fig. 7). Dans le même temps, on observe une modification rapide et importante du fonctionnement de la tourbière, marquée par un changement rapide de la végétation, une baisse de la quantité de matière organique conservée et une augmentation de la décomposition, ce qui a pour effet un ralentissement de la vitesse d'accumulation de matière organique (fig. 3 et 7). Les changements climatiques du Petit Âge Glaciaire ont pu jouer un rôle, notamment dans l'accentuation des phénomènes érosifs. Mais il n'y a pas de preuve évidente sur le plan végétal tant est importante l'empreinte des pratiques agro-pastorales, qui sont prépondérantes dans les spectres polliniques. En effet, cette période marque l'extension maximale des activités humaines dans ce secteur. On constate le défrichement par le feu des derniers lambeaux de la hêtraie-sapinière et une extension maximale des activités agro-pastorales. La mise en place de hameaux, d'habitats temporaires, de vestiges agro-pastoraux et d'un parcellaire en pierres sèches, sont les témoignages très concrets d'une occupation et d'une mise en valeur intenses de ce secteur (fig. 7).

Ces différents constats démontrent le rôle indubitable de l'agriculture et de l'élevage dans ces modifications environnementales. Il est plus difficile de préciser si la dégradation de la végétation et des sols résulte seulement de la pression agro-pastorale sur le milieu, en lien

avec une occupation humaine croissante, ou bien aussi de modifications des pratiques agro-pastorales au cours du temps.

Quoi qu'il en soit, la mise en valeur de l'espace par les défrichements et la mise à nu des sols par les labours et le pâturage ont dû combiner leurs effets avec la modification climatique du Petit Âge Glaciaire, et permettre le franchissement d'un seuil qui conduit à la dégradation de l'environnement du vallon du Frau.

Enfin, la déprise agricole bien attestée dans ce secteur au XX^e siècle est illustrée par le retour des pins, qui apparaissent dans le dernier échantillon de l'analyse palynologique.

6 - CONCLUSION

Les recherches archéologiques et paléobotaniques conduites dans le vallon du Frau apportent un éclairage nouveau sur les dynamiques de l'occupation du sol et les évolutions paysagères et hydro-sédimentaires. Dès la mise en place de la tourbière au Subboréal, les facteurs climatiques et anthropiques paraissent étroitement associés. Mais ces derniers semblent prendre de plus en plus d'importance au fil du temps, jusqu'au franchissement d'un seuil durant le Moyen Âge. Cette évolution générale s'accorde bien avec les dynamiques observées par ailleurs dans le Massif central oriental, le Morvan, les Alpes et les Pyrénées, où la période médiévale apparaît également comme la grande phase de conquête agro-pastorale du milieu montagnard. Dans les monts du Cantal (mais également les monts Dore et le plateau du Cézallier), le spectaculaire phénomène des « tras » (ou « burons en peignes ») pourrait être le signe tout autant que l'instrument de cette mise en valeur systématique de la moyenne montagne auvergnate.

REMERCIEMENTS

Ces recherches sont menées conjointement par les laboratoires du CHEC EA 1001 (Clermont Université) et de EVS-ISTHME UMR 5600 - CNRS (Université de Lyon à Saint-Étienne) dans le cadre du programmes AGES cofinancé par l'Union Européenne – FEDER et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et du programme DYSATER. Les auteurs remercient André-Marie Dendievel pour son soutien technique à la réalisation des graphiques. Les auteurs remercient également les deux relecteurs pour leur critique constructive du texte.

BIBLIOGRAPHIE

- AMÉ É., 1897 - *Dictionnaire topographique du département du Cantal : comprenant les noms de lieu anciens et modernes*. Imprimerie nationale, Paris, 631 p.
- 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*, 111, 1-199.

- ARGANT J. & CUBIZOLLE H., 2005 - 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*, 16 (2), 119-142.
- BARBER K., ZOLITSCHKA B., TARASOV P. & LOTTER A., 2004 - Atlantic to Urals - The Holocene climatic record of mid-latitude Europe. In R.W. Battarbee, F. Gasse & C.E. Stickley (éd.), *Past climate variability through Europe and Africa*. Developments in Paleo-environmental Research, 6. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 417-442.
- BARET F., 2013 - Les agglomérations antiques du Massif Central. *Revue d'Auvergne*, 125 (600-601), 31-69.
- BASTIEN D.-F. & GARNEAU M., 1997 - Clé d'identification macroscopique de 36 espèces de sphaignes de l'est du Canada. Commission géologique du Canada, Ottawa, 43 p.
- BEAULIEU-AUDY V., GARNEAU M., RICHARD P.J.H. & ASNONG H., 2009 - Holocene palaeoecological reconstruction of three boreal peatlands in the La Grande Rivière region, Québec, Canada. *The Holocene*, 19 (3), 459-476.
- BERGGREN G., 1969 - *Atlas of seeds and small fruits of North-west-European Plant species (Sweden, Norway, Denmark, East Fennoscandia and Iceland)*. 2. Cyperaceae. Swedish Natural Science Research Council, Stockholm, 110 p.
- BHIRY N. & FILION L., 2001 - Analyse des macrorestes végétaux. In S. Payette & L. Rochefort (éd.), *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*. Les Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, 259-273.
- BLAAUW M., 2010 - Methods and code for "classical" age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology*, 5 (5), 512-518.
- BOUDARTCHOUK J.-L., 1998 - *Le Carladéz de l'Antiquité au XIII^e siècle : terroirs, hommes et pouvoirs*. Thèse de Doctorat, Université Toulouse 2 - Le Mirail, Toulouse, 6 vol.
- BRESSOLETTE P., 1983 - *Les Monts d'Auvergne : de la montagne à l'homme*. Privat, Toulouse, 471 p.
- CAPPERS R.T.J., BEKKER R.M. & JANS J.E.A., 2012 - *Digital zadenatlas van Nederland*. Digital seed atlas of the Netherlands. Barkhuis Publishing, Eelde & Groningen University Library, Groningen, 502 p.
- CAROZZA L. & MARCIGNY C., 2007 - *L'âge du Bronze en France*. Archéologies de la France. La Découverte, Paris, 156 p.
- CASELDINE C. & HATTON J., 1993 - The development of high moorland on Dartmoor: fire and the influence of Mesolithic activity on vegetation change: studies in palaeoecology and environmental archaeology. In F.M. Chambers (éd.), *Climate change and human impact on landscape*, Chapman & Hall, London, 119-131.
- CATTEDDU I., 2009 - *Archéologie médiévale en France : le premier Moyen Âge (V^e-X^e siècle)*. Archéologies de la France. La Découverte, Paris, 177 p.
- CHARBONNIER P., 1999 - *Histoire de l'Auvergne des origines à nos jours : Haute et Basse-Auvergne, Bourbonnais et Velay*. De Borée, Clermont-Ferrand, 540 p.
- CHASSANG P., 2003 - *Histoire des pays de Saint-Flour et de Murat, dits de Saint-Flour Haute-Auvergne : des origines à la fin du XVIII^e siècle*. Gerbert, Aurillac, 479 p.
- COURT-PICON M., WALSH K., MOCCI F., SEGARD M. & PALET-MARTINEZ J.M., 2007 - Occupation de la montagne et transformation des milieux dans les Alpes méridionales au cours de l'Âge du Bronze : approche croisée des données palynologiques et archéologiques en Champsaur et Argentiénois (Hautes-Alpes, France). In H. Richard, M. Magny, C. Mordant (éd.), *Environnements et cultures à l'Âge du Bronze en Europe occidentale*. Documents Préhistoriques, 21. Éditions du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, Paris, 89-106.
- CRUM H.A. & ANDERSON L.E., 1981 - *Mosses of Eastern North America*. Columbia University Press, New York, 2 vol., 1328 p.
- CUBIZOLLE H., 2005 - *Paléoenvironnements et turfigenèse : l'apport des tourbières à la connaissance de l'évolution holocène des milieux montagnards du Massif Central oriental granitique*. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Limoges, Limoges, 749 p.
- CUBIZOLLE H., 2009 - *Paléo-environnements*. Collection U. Géographie. Armand Colin, Paris, 271 p.
- CUBIZOLLE H., GEORGES V., LATOUR C., ARGANT J., & SERIEYSSOL K., 2004 - 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., FASSION F., ARGANT J., LATOUR-ARGANT C., GALET P. & OBERLIN C., 2012 - Mire initiation, climatic change and agricultural expansion over the course of the Late-Holocene in the Massif Central mountain range (France): causal links and implications for mire conservation. *Quaternary International*, 251, 77-96.
- CUBIZOLLE H., ARGANT J., FASSION F., LATOUR-ARGANT C., DENG-AMIOT Y. & DIETRE B., 2014 - L'histoire de la végétation depuis la fin du Tardiglaciaire et l'évolution de l'emprise humaine à partir du milieu de l'Holocène dans le Massif Central oriental (France). *Quaternaire*, 25 (3), 209-236.
- DANIELS R.E. & EDDY A., 1990 - *Handbook of European Sphagna*, 2^e édition. HMSO, London, 263 p.
- DE BEAULIEU J.-L., PONS A. & REILLE M., 1982 - Recherches pollenanalytiques sur l'histoire de la végétation de la bordure nord du Massif du Cantal (Massif Central, France). *Pollen et Spores*, 24 (2), 251-300.
- DE BEAULIEU J.-L., LEVEAU P., MIRAMONT C., PALET J.-M., WALSH K., COURT-PICON M., RICOU F., SEGARD M., SIVAN O., ANDRIEU-PONEL V., BAURA M., BERTUCCHI G., PONEL G., POTHIN A., PY V., TALON B., TZORTZIS S., BONET R., COLUMEAU P., CORTOT H. & GARCIA D., 2003 - Changements environnementaux postglaciaires et action de l'homme dans le bassin du Buëch et en Champsaur (Hautes-Alpes, France). Premier bilan d'une étude pluridisciplinaire. In T. Muxart, F.-D. Vivien, B. Villalba & J. Burnouf (éd.), *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*. Elsevier, Paris, 93-100.
- DELPY M., 2012 - *Occupation du sol et gestion agro-pastorale en moyenne montagne cantalienne : le cas du haut bassin de l'Alagnon*. Rapport de prospection thématique avec sondages, Service Régional de l'Archéologie d'Auvergne, Clermont-Ferrand, 97 p.
- DELPY M., FASSION F. & MASSOUNIE G., 2011 - Pour une archéologie de la moyenne montagne. *Revue d'Auvergne*, 125 (600-601), 361-382.
- DEMOULE J.-P. (dir.), 2007 - *La révolution néolithique en France*. La Découverte, Paris, 180 p.
- DENDIEVEL A.-M., HAAS J.-N., DELRIEU F. & CUBIZOLLE H., 2014 - Nouvelles données paléoenvironnementales et archéologiques sur le plateau du Béage (Haute-Ardèche) : la tourbière de la Narce et ses environs, premiers résultats. *Ardèche Archéologie*, 31, 27-33.
- DIOT M.-F., 1992 - Études palynologiques de blés sauvages et domestiques issus de cultures expérimentales. In P.C. Anderson (dir.), *Préhistoire de l'agriculture : nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*. Monographie du CRA, 6. Éditions du CNRS, Paris, 107-111.
- FASSION F., 2013 - *Occupation humaine et interactions sociétés-milieu dans les massifs du Livradois-Forez (Massif Central, France) de la fin du second âge du Fer au haut Moyen Âge*. Thèse de Doctorat, Université Laval, Québec, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand & Université Jean Monnet, Saint-Étienne, 1476 p.
- FOURNIER G. & FOURNIER P.-F., 1983 - La vie pastorale dans les montagnes du centre de la France. Recherches historiques et archéologiques. *Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne*, 91, 199-290.
- GALOP D., 1998 - *La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées : 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée : contribution palynologique*. Éditions Méridiennes, Toulouse, 285 p.
- GALOP D., RIUS D., CUGNY C. & MAZIER F., 2013 - A History of Long-Term Human-Environment Interactions in the French Pyrenees inferred from the Pollen Data. In L.R. Lozny (éd.), *Continuity and Change in Cultural Mountain Adaptations: from Prehistory to Contemporary Threats*. Springer, New York, 19-30.
- GAUTHIER É., 2001 - Évolution de l'impact de l'homme sur la végétation du massif jurassien au cours des quatre derniers millénaires. Nouvelles données palynologiques. Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté, Besançon, 232 p.
- GOEPP S., 2007 - *Origine, histoire et dynamiques des hautes-Chaumes du massif vosgien*. Thèse de Doctorat, Université Strasbourg I Louis Pasteur, Strasbourg, 286 p.
- GEORGES V., 2007 - *Le Forez du VI^e au I^{er} millénaire av. J.-C. : territoires, identités et stratégies des sociétés humaines du Massif Central dans le bassin amont de la Loire (France)*. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, Dijon, 435 p.
- GRIMM E.C., 1987 - CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers & Geosciences*, 13 (1), 13-35.
- GRIMM E.C., 1991-2011 - *Tilia and Tilia-Graph. TGView version 1.7.16*. Computer Software. Illinois State Museum and Collections Center. Springfield, USA.
- HUNT G.A. & FOGEL R., 1983 - Fungal hyphal dynamics in a western Oregon Douglas-fir stand. *Soil Biology & Biochemistry*, 15 (6), 641-649.

- IRELAND R.R., 1982 - *Moss Flora of the Maritime Provinces*. National Museums of Canada & National Museum of Natural Sciences, Ottawa, 738 p.
- JOUFFROY-BAPICOT I., VANNIÈRE B., GAUTHIER É., RICHARD H., MONNA F. & PETIT C., 2013 - 7000 years of vegetation history and land-use changes in the Morvan Mountains (France): A regional synthesis. *The Holocene*, **23** (12), 1888-1902.
- JUGGINS S., 2002 - Palaeo Data Plotter, Beta test version 1.0. <http://www.campus.ncl.ac.uk/staff/Stephen.Juggins/software/pdphome.htm>
- LÉVESQUE P.E.M., DINEL H. & LAROUCHE A., 1988 - *Guide illustré des macrofossiles végétaux des tourbières du Canada*. Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, Publication, 1817. Centre de Recherche sur les Terres, Ottawa, 65 p.
- MAGNY M., 2004 - Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quaternary International*, **113** (1), 65-79.
- MARIE-VICTORIN F., 1995 - *Flore laurentienne*, 3^e édition. Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 1083 p.
- MASSOUNIE G., 2015 - *Peuplements et paysages aux confins occidentaux du territoire des Arvernes, de la Protohistoire au Moyen Âge. Le cas de la Haute-Combraille (Puy-de-Dôme)*. Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 150 p.
- MAUQUOY D. & VAN GEEL B., 2007 - Mire and Peat macros. In S.A. Elias (éd.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier, Boston, 2315-2336.
- MIRAS Y., 2004 - *L'analyse pollinique du plateau de Millevaches (Massif Central, France) et de sites périphériques limousines et auvergnats : approche des paléoenvironnements, des systèmes agropastoraux et évolution des territoires ruraux*. Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté, Besançon, 297 p.
- MIRAS Y. & GUENET P., 2011 - Une histoire plurimillénaire des paysages du Cézallier et ses liens avec les activités agrosylvopastorales depuis le Néolithique à partir de l'analyse pollinique de la tourbière de La Borie (1170 m, Saint-Saturnin, Cantal). *Revue d'Auvergne*, **125** (600-601), 481-497.
- MOORE P.D., 1975 - Origin of blanket mires. *Nature*, **256** (5515), 267-269.
- NEHLIG P., 2007 - *Le volcanisme du Cantal : le plus grand volcan d'Europe*. Chamina, Aubière & BRGM éditions, Orléans, 191 p.
- PARENT L.-É., 2001 - Classification, pédogénèse et dégradation des sols organiques. In S. Payette & L. Rochefort (éd.), *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*. Les Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, 241-255.
- PRAT B., 2006 - *Systèmes agropastoraux et milieux péri-urbains en Basse-Auvergne au cours des trois derniers millénaires : contribution de l'analyse palynologique à l'étude des interactions sociétés-milieu*. Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 368 p.
- REILLE M., 1999 - *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*, 2^e édition. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille, 535 p.
- REIMER P.J., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUCK C.E., CHENG H., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDERSON T.P., HAFLLIDASON H., HADJIDAS I., HATTÉ C., HEATON T.J., HOFFMANN D.L., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER K.F., KROMER B., MANNING S.W., NIU M., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SCOTT E.M., SOUTHON J.R., STAFF R.A., TURNEY C.S.M. & VAN DER PLICHT J., 2013 - INTCAL13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal. BP. *Radio-carbon*, **55** (4), 1869-1887.
- RENDU C., CALASTRENC C., LE COUÉDIC M., GALOP D., RIUS D., CUGNY C. & BAL M.-C., 2013 - Montagnes et campagnes d'Oloron dans la longue durée. Premiers résultats d'un programme interdisciplinaire. In D. Barraud & F. Réchin (dir.), *D'Iluo à Oloron-Sainte-Marie. Un millénaire d'histoire*. Aquitania. Supplément, 29. Fédération Aquitania, Bordeaux, 37-68.
- RICHARD H., 1999 - La palynologie. In C. Bourquin-Mignot, J.-É. Brochier, L. Chabal & A. Ferdière (éd.), *La botanique*. Archéologiques. Éditions Errance, Paris, 9-42.
- RICHARD H. & VIGNOT A. (dir.), 2002 - *Équilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 000 derniers millénaires en Europe de l'Ouest : actes du colloque international de Besançon, 18-22 septembre 2000*. Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté, **730** & Série Environnement, Sociétés et Archéologie, **3**. Presses Universitaires Franc-Comtoises, Besançon, 488 p.
- RICHARD A., CUPILLARD C., RICHARD H. & THÉVENIN A., 2000 - *Les derniers chasseurs-cueilleurs d'Europe occidentale (13 000 – 5 500 av. J.-C.) : actes du Colloque international de Besançon, Doubs, 23-25 octobre 1998*. Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté, **699** & Série Environnement, Sociétés et Archéologie, **1**. Presses Universitaires Franc-Comtoises, Besançon, 415 p.
- SEGARD M., 2009 - *Les Alpes occidentales romaines : développement urbain et exploitation des ressources des régions de montagne (Gaule Narbonnaise, Italie, provinces alpines)*. Éditions Errance, Paris & Centre Camille-Jullian, Aix-en-Provence, 288 p.
- SMITH A.J.E., 1996 - *The Moss flora of Britain & Ireland*. Cambridge University Press, Cambridge, 706 p.
- SURMELY F., MIRAS Y., GUENET P., NICOLAS V., SAVIGNAT A., VANNIÈRE B., WALTER-SIMONNET A.-V., SERVERA G., & TZORTZIS S., 2009 - Occupation and land-use history of a medium mountain from the Mid-Holocene: a multi-disciplinary study performed in the South Cantal (French Massif Central). *Comptes Rendus Palevol*, **8** (8), 737-748.
- TRÉMENT F. (éd.), 2011 - *Les Arvernes et leurs voisins du Massif Central à l'époque romaine. Une archéologie du développement des territoires. Tome 1*. *Revue d'Auvergne*, **125** (600-601). Société des Amis des Universités de Clermont-Ferrand, Clermont-Ferrand, 512 p.
- TRÉMENT F., 2013 - Quel modèle de développement régional pour le Massif Central à l'époque romaine ? *Revue d'Auvergne*, **125** (600-601), 315-341.
- TRÉMENT F., DELPY M., FASSION F. & MASSOUNIE G., 2014 - Centres et périphéries dans les cités antiques du Massif Central. Occupation, mise en valeur et intégration des territoires de montagne dans la cité des Arvernes (fin de l'âge du Fer - début du Moyen Âge). In B. Triboulot & O. Blin (éd.), *Franges urbaines, confins territoriaux : la Gaule dans l'Empire : colloque international, 23 février - 3 mars, Versailles (78 – France)*. Éditions Errance, Paris, 589-613.
- VALADAS B., 1984 - *Les hautes terres du Massif Central français : contribution à l'étude des morphodynamiques récentes sur versants cristallins et volcaniques*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris, 2 vol., 927 p.
- VINATIÉ A., 1977 - Découvertes de vestiges gallo-romains. *Revue de la Haute-Auvergne*, **46**, 139-142.
- VINATIÉ A. & BAILLARGEAT C., 2002 - *Archéologie en Cézallier et aux confins du Limon : Cantal : de l'Épipaléolithique au haut Moyen Âge*. Les Amis du Vieil Allanche, Allanche, 277 p.
- VUITTENEZ H., 1964 - *Géologie Cantalienne*. Imprimerie Moderne, Aurillac, 200 p.