**UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ**

**ÉCOLE DOCTORALE «LANGAGES, ESPACES, TEMPS, SOCIÉTÉS»**

Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur en

**ARCHÉOLOGIE, TERRITOIRE ET ENVIRONNEMENT**

# ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION DU MASSIF DU MORVAN (BOURGOGNE - FRANCE) DEPUIS LA DERNIÈRE GLACIATION À PARTIR DE L'ANALYSE POLLINIQUE. VARIATIONS CLIMATIQUES ET IMPACT DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES.

Vol. 1 texte

Présentée et soutenue publiquement par

**Isabelle JOUFFROY-BAPICOT**

Le 30 juin 2010

Sous la direction de Hervé Richard et Émilie Gauthier

Membres du Jury :

Philippe ALLÉE, Professeur à l'université de Limoges, Rapporteur
Olivier BUCHSENSCHUTZ, Directeur de recherche au CNRS, ENS Paris
Émilie GAUTHIER, Maître de conférence à l'université de Franche-Comté
Jean-Nicolas HAAS, Professeur à l'université d'Innsbruck, Rapporteur
Dominique MARGUERIE, Directeur de recherche au CNRS, UMR 6566, Rennes
Christophe PETIT, Maître de conférence HDR à l'université de Bourgogne
Hervé RICHARD, Directeur de recherche au CNRS, UMR 6249, Besançon

**UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ**

**ÉCOLE DOCTORALE «LANGAGES, ESPACES, TEMPS, SOCIÉTÉS»**

Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur en

**ARCHÉOLOGIE, TERRITOIRE ET ENVIRONNEMENT**

# ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION DU MASSIF DU MORVAN (BOURGOGNE - FRANCE) DEPUIS LA DERNIÈRE GLACIATION À PARTIR DE L'ANALYSE POLLINIQUE. VARIATIONS CLIMATIQUES ET IMPACT DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES.

Vol. 1 texte

Présentée et soutenue publiquement par

**Isabelle JOUFFROY-BAPICOT**

Le 30 juin 2010

Sous la direction de Hervé Richard et Émilie Gauthier

Membres du Jury :

Philippe ALLÉE, Professeur à l'Université de Limoges, Rapporteur
Olivier BUCHSENSCHUTZ, Directeur de recherche au CNRS, ENS Paris
Émilie GAUTHIER, Maître de conférence à l'Université de Franche-Comté
Jean-Nicolas HAAS, Professeur à l'Université d'Innsbruck, Rapporteur
Dominique MARGUERIE, Directeur de recherche au CNRS, UMR 6566, Rennes
Christophe PETIT, Maître de conférence HDR à l'Université de Bourgogne
Hervé RICHARD, Directeur de recherche au CNRS, UMR 6249, Besançon

## Avant-Propos et Remerciements

Le travail de thèse présenté ci-après doit énormément à l'atmosphère stimulante des programmes pluridisplinaires dans lesquels il s'est intégré. Entre Franche-Comté et Bourgogne, du laboratoire Chrono-environnement au Centre archéologique européen du Mont-Beuvray, au contact d'archéologues, de géochimistes, de géo-archéologues, de biologistes… la trandisciplinarité n'a pas seulement été un terme « à la mode », mais elle a été une réalité quotidienne du cadre de travail dont j'ai bénéficié. C'est donc avec grand plaisir et beaucoup de reconnaissance que je remercie toutes les personnes qui, d'une manière ou d'une autre, ont permis la réalisation de ce travail de longue haleine.

Mes premiers remerciements s'adressent aux membres du jury pour avoir accepté de consacrer du temps à l'évaluation de ce travail, aux rapporteurs Philippe Allée et Jean-Nicolas Haas, aux examinateurs Olivier Buchsenschutz, Dominique Marguerie et Christophe Petit.

En tant que Directeur de laboratoire et Directeur de cette thèse, je ne saurais suffisamment remercier Hervé Richard pour m'avoir permis d'accéder à la palynologie, après un parcours un peu compliqué, de l'Histoire de l'Antiquité à la documentation scientifique ! Je le remercie chaleureusement pour la confiance et le soutien sans faille qu'il m'a accordés, et pour ses précieux conseils qui ont jalonné les différentes étapes de ce travail.

Emilie Gauthier n'est pas seulement co-directrice mais elle est aussi en partie initiatrice de cette thèse. En effet, c'est lorsqu'elle m'a présenté son travail sur le massif jurassien, que l'ancienne historienne que j'étais a souhaité devenir palynologue, pour aborder l'histoire des sociétés humaines par le biais de leurs rapports avec le monde végétal. En plus des nombreuses conversations enrichissantes que nous avons partagées, je lui dois une reconnaissance éternelle pour la patience et la bonne humeur dont elle a su faire preuve lors de la délicate phase de formation à la reconnaissance des grains de pollen, alors qu'elle était ma « victime favorite » pour la détermination du « x »ème grain de *Quercus*, qui ne ressemblait jamais au précédent !

Merci aussi à Pascale Ruffaldi et Carole Bégeot pour leur aide et leurs précieux conseils lors de mes débuts en tant que palynologue.

La chance a voulu que Christophe Petit relance les études paléoenvironnementales autour du Mont-Beuvray, au moment même où débutait le projet d'analyse pollinique des tourbières du Morvan. Mon travail doit beaucoup à ses années de collaboration durant lesquelles j'ai pu apprécier son enthousiasme et son énergie communicative.

Pour leur participation active aux prospections et prélèvements sur le terrain, j'adresse tous mes remerciements aux étudiants du DESS, puis Master II Pro, « Archéosciences » de Dijon, de 2000 à 2007, et plus particulièrement à ceux qui ont choisi l'atelier « paléoenvironnement » et qui ont eu en charge l'élaboration des rapports de stage sur ce sujet. Un grand merci à l'un de ces anciens étudiants, aujourd'hui doctorant à l'Université de Bourgogne, Frédéric Cruz, pour m'avoir fourni le fond de carte du Morvan utilisé tout au long de la thèse.

Ceux qui ont eu l'occasion d'y travailler le savent, le Centre Archéologique Européen du Mont-Beuvray au cœur du haut Morvan, est un lieu d'accueil privilégié pour les chercheurs. Cette structure a apporté un support logistique, financier et scientifique déterminant pour notre travail, et j'exprime toute ma gratitude aux personnes qui ont en charge de la faire vivre. En premier lieu son Directeur Vincent Guichard, mais aussi Pascal Paris, son adjoint, qui répond à toute demande avec compétence et gentillesse, Raphaël Moreau qui gère le Centre de Documentation, Antoine Maillier, photographe, qui m'a donné accès à sa base de données photographiques et dont certains de ses très beaux clichés illustrent ce manuscrit ; merci aussi pour leur accueil et leur disponibilité à Joëlle Cunnac, Annick Novak, Myriam Giudicelli….

Jean-Paul Guillaumet, DR au CNRS et spécialiste de la manufacture métallique de l'âge du Fer, est entré dans la légende morvandelle comme l'homme qui trouve des mines antiques lorsqu'il cherche des champignons (ce qui ne l'empêche pas de trouver aussi des champignons qu'il partage généreusement avec les collègues de passage à Glux-en-Glenne). Plus sérieusement, c'est à Jean-Paul que l'on doit l'orientation des recherches paléoenvironnementales en direction de l'exploitation des ressources minières par les sociétés protohistoriques. Je le remercie vivement pour ses conseils et son accueil en pays morvandiau.

De la problématique paléométallurgique est née la collaboration entre géochimistes et palynologues. J'ai eu vraiment très grand plaisir à travailler avec Fabrice Monna, géochimiste, professeur à l'Université de Bourgogne et son doctorant Benoit Forel. Nos travaux de thèses ayant été menés en parallèle avec Benoit, ils se sont enrichis mutuellement d'échanges scientifiques

et néanmoins amicaux, des phases de terrains à la rédaction d'articles communs. J'ai beaucoup appris de la collaboration avec Momo le Cathare, qui allie de façon extrêmement stimulante pédagogie et exigence scientifique.

Un grand merci aux archéologues de Mayence (Allemagne), Peter Haupt et Martin Schönfelder, pour leur collaboration à l'étude des sites des Sources de l'Yonne à Glux-en-Glenne et du Quart-du-Bois à Poil, tant d'un point de vue scientifique que pour le financement de datations radiocarbones.

La recherche des tourbières en Morvan a largement bénéficié de l'apport de différentes personnes qui ont en charge la gestion actuelle des zones remarquables et zones humides : Isabelle Civette, Aline Corbeaux, Thomas Cornut et Pierre Durlet du PNR Morvan, Eric Fédoroff du Conservatoire botanique du Bassin parisien, Pierre Agou du Conservatoire des Sites Naturels Bourguignons. Je les remercie chaleureusement pour avoir accepté de me faire partager leur compétence sur le terrain et me donner accès à leur documentation.

Merci à Sylvie Raboin pour son accueil au Centre de Documentation du Pôle Relais Tourbière avec la compétence et la gentillesse qui la caractérisent.

Mon travail doit aussi beaucoup à l'atmosphère d'émulation scientifique des réunions de travail de l'ACI Tepaneo. Merci à Rémi Martineau, Maréva Gabillot, Laure Saligny, Clément Moreau de l'UMR ARTeHIS de Dijon, pour les riches discussions qui ont démontré, par leur vivacité, l'importance de développer un langage commun entre archéologues et spécialistes du paléoenvironnement.

Je remercie chaleureusement mes collègues du laboratoire Chrono-environnement pour leur soutien amical, de ceux qui m'ont suivie depuis les débuts de cette entreprise, les anciens « Chrono-éco », jusqu'aux derniers arrivés. Si je ne peux tous les citer, je veux adresser un merci particulier à Florence Broc, Florence Mazier, Dominique Sordoillet, Sylvie Costille-Varey.

J'ai aussi beaucoup appris des échanges formels et informels avec mes collègues paléoenvironnementalistes permanents, étudiants, doctorants ou post-doctorants au laboratoire Chrono-environnement. Je remercie particulièrement mes jeunes collègues doctorants et post-doctorants actuels Damien Rius, David Etienne, Sébastien Joannin pour les discussions souvent sérieuses et enrichissantes, mais aussi pour toutes celles moins sérieuses mais tout aussi nécessaires ! Merci

à Pierre Nouvel pour ses conseils, ses informations sur l'archéologie morvandelle et les débuts d'une collaboration prometteuse.

J'exprime toute ma gratitude à Michel Magny, source inépuisable de références bibliographiques, qui a aussi très gentiment accepté de relire quelques chapitres et me faire bénéficier de ses conseils.

La mise en forme du texte et des figures doit beaucoup aux talents de graphiste et à la compétence dans la maîtrise des outils de PAO/DAO d'Estelle Franc. Je la remercie pour l'aide qu'elle m'a apportée, elle qui, de plus, a dû partager son bureau avec une doctorante en fin de thèse !

Je remercie du fond du cœur Yannick Miras, pour son soutien sans faille, ses conseils, son coaching pollinique (merci Mickey !), sa compétence et sa disponibilité. Mes remerciements s'adressent tant au collègue palynologue qu'à l'ami.

La collaboration avec Boris Vannière, qui a débuté dans le cadre de l'ACI Tepaneo, représente un apport méthodologique considérable à mon travail de thèse qui a largement profité de son expertise et de sa rigueur. Merci Boris pour cette collaboration scientifique, mais aussi pour ta présence amicale et réconfortante dans les derniers temps de la rédaction.

Je terminerai avec des remerciements qui ont un aspect plus personnel, mais non moins essentiel à la réalisation du travail de thèse. Un énorme merci à Danielle et Marie-Françoise, deux « super mamies » ; je leur dois beaucoup car rien n'aurait été possible sans leur soutien dans la logistique familiale ! Merci aussi Maman pour avoir repris tes anciennes fonctions de « maîtresse d'école » et avoir minutieusement corrigé mon manuscrit.

Enfin, pour m'avoir patiemment supportée… dans tous les sens du terme, je dédie ce travail à ma précieuse « petite famille » Stéphan, Nina et Camille.

TABLE DES MATIÈRES


Introduction 11

1ère partie. Cadre de l'étude et méthodes d'analyse

1.1. Le massif du Morvan 22
1.1.1. Le Morvan, une montagne ? 22
1.1.2. Paysage et végétation actuels 27
1.1.3. L'Homme en Morvan 30
1.2. Les analyses paléoenvironnementales :prospections et stratégies de carottage 48
1.3. Les méthodes d'analyse 53
1.3.1. L'analyse pollinique 53
1.3.2. Les microfossiles non polliniques ou palynomorphes (MNP) 60
1.3.2.1. Principaux taxons marqueurs des variations... 62
1.3.2.2. Les microfossiles non-polliniques coprophiles 63
1.3.3. Traitement des données et présentation des résultats 73
1.3.4. Autres interventions sur les séquences 76
1.3.4.1. Analyse de susceptibilité magnétique 76
1.3.4.2. Datations et modèles âge/profondeur 76
1.3.4.3. Les analyses géochimiques 78

2ème partie. Les sites analysés

2.1. Tourbières du haut Morvan 85
2.1.1. Tourbière du Port-des-Lamberts 86
2.1.2. Tourbière des Sources de l'Yonne 102
2.1.3. Tourbière du Grand-Montarnu 120
2.1.4. Zone tourbeuse du Quart-du-Bois 139
2.2. Tourbières du Morvan des collines 149
2.2.1. Tourbière de Montbé 150
2.2.2. Tourbière du Vernay 166
2.2.3. Tourbière de Champ Gazon 182
2.2.4. Tourbière de Nataloup 200
2.2.5. Tourbière de l'étang de Bouquin 218
2.2.6. Tourbière du Verny-des-Brûlons 233
2.3. Autre site analysé, le Canal du Touron 249

3ème partie. Evolution du couvert végétal
et histoire de l'occupation humaine


3.1. Chrono-stratigraphie des séquences morvandelles 262
3.2. Dynamiques écologiques 265
3.2.1. Le Tardiglaciaire 266
3.2.2. L'Holocène ancien 269
3.2.3. L'Holocène moyen 271
3.2.4. L'Holocène récent 275
3.2.5. Les plantes introduites par l'Homme 284
3.2.5.1. Le noyer 285
3.2.5.2. Le châtaignier 288
3.2.5.3. Le seigle 289
3.2.5.4. Le chanvre 291
3.2.5.5. Le sarrasin 292
3.3. Impacts des activités anthropiques
et histoire de l'occupation humaine du Morvan 294
3.3.1. Caractérisation des phases d'anthropisation 294
3.3.1.1. Approche qualitative 298
3.3.1.2. Approche semi-quantitative 299
3.3.2. Du Néolithique à nos jours 305
3.3.2.1. Du Paléolithique au Mésolithique 305
3.3.2.2. Le Néolithique (5000 – 2300 cal BC) 308
3.3.2.3. Les âges des Métaux (2300-50 cal BC) 314
3.3.2.4. L'époque romaine (50 cal BC-476 cal AD) 322
3.3.2.5. Le Moyen Âge (Ve-XVe siècle de notre ère) 328
3.3.2.6. Epoques moderne et contemporaine (XVe s. à nos jours) 334
3.3.3. La construction des paysages culturels, mise en perspective 338

CONCLUSION 345

BIBLIOGRAPHIE 351



# Introduction

« *C'est un terroir aréneux et pierreux, en partie couvert de bois, genêts, ronces fougères et autres méchantes épines, où on ne laboure les terres que de six à sept ans l'un ; encore ne rapportent-elles que du seigle, de l'avoine et du blé noir, pour environ moitié de l'année à leurs habitants, qui, sans la nourriture du bétail, le flottage et la coupe des bois, auraient beaucoup de peine à subsister* ».

S. Maréchal de Vauban, *Description géographique de l'élection de Vezelay*. Saint-Léger-Vauban, 1696

"*Oh! My sweet Le Morvan ! Oh ! my native land ! Happy, thrice happy they who cherish in their hearts the love of nature, who prefer her sublime and incomparable beauties to the false and artificial works of man…But the real and inexhaustible wealth of Le Morvan is in its forests… From the mountains, those huge ladders of granite that God has planted upon the earth, as if to invite ungrateful man to come nearer to him, descend many a stream an dancing rill of pure and crystal waters. No part of France can be said to be more salubrious*".

Henri de Crignelle, *Le Morvan [a district of France], ist wild sports, vinesyards and forest*. London, 1851

« *Bien encadré dans son auréole de grasses prairies, le Morvan est une montagne d'allures modestes ; aussi les hommes ont-ils pu installer leurs villages, parmi les pentes boisées, jusqu'au cœur du massif qui n'atteint jamais mille mètres. Mais ils y sont contraints à d'âpres luttes sur ces sols rebelles de sables et de marécages, épars dans leurs clairières, ils évoquent les privilèges des plaines voisines qu'ils essaient en vain d'imiter et ils en sont souvent réduits à une économie de bricolage, obligés de courir à la recherche de petits profits marginaux* » .

Jacqueline Bonnamour, *Le Morvan, la terre et les hommes*. Paris, 1965

Les extraits de textes choisis en préambule à cette introduction sont témoins de la dualité des regards qu'ont pu porter leurs auteurs, à différentes époques, sur le massif du Morvan. Mais, que l'on exalte la beauté de sa nature, ou que l'on déplore le faible potentiel agronomique de ses sols, le Morvan apparaît toujours comme un espace marginal. Aujourd'hui, si l'identité naturelle de ce petit massif granitique aux altitudes modestes, situé au cœur géographique de la Bourgogne, est bien affirmée, on doit aussi observer que, dépourvu de réel centre urbain, il est administrativement morcelé entre les quatre départements bourguignons (Nièvre, Saône-et-Loire, Yonne et Côte d'Or) (fig. I1.).




**Fig. I1** Situation du Morvan en Bourgogne (France)

Situé à l'écart des grands axes de communications, majoritairement couvert de forêts, extrêmement peu peuplé, le Morvan apparaît finalement en marge du développement socio-économique actuel. C'est un espace qui est aussi resté en marge de la vague d'études régionales s'attachant à restituer l'histoire de l'évolution du couvert végétal et de la formation des paysages au cours de l'Holocène. Il n'y pas eu de travaux palynologiques récents sur le Morvan, alors que depuis une trentaine d'années, les synthèses régionales sur le territoire français se multiplient (pour ne citer que les thèses : sur le massif du Jura (Bégeot 2000, Gauthier 2001, Richard 1983, Ruffaldi 1993), dans les Alpes (Court-Picon 2007, David 1993, Guiter 2003, Nakagawa 1998, Richer 2009), le Massif central (Guenet 1983, Miras 2004, Pulido Avila 2006, Prat 2006, Vergne 1989), les Pyrénées (Andrieu-Ponel 1991, Galop 1998), le Bassin parisien (Leroyer 1997), le bassin du Rhône (Argant 1990) ou dans l'Ouest de la France (Barbier 1999, Cyprien 2002, Gaudin 2004, Joly 2006, Marguerie 1991, Marguerie 2009, Ouguerram 2002). Le cadre régional – au sens de région naturelle - est le lieu privilégié pour comprendre les relations hommes-mi-

lieu-climat (Allée et Lespez 2006, Provansal et Leveau 2006) et, loin d'être redondantes, toutes ces études fournissent les indispensables données de base pour la compréhension des évolutions passées et actuelles à plus grande échelle, et servir ainsi les modèles prédictifs. Une grande partie de ces études concerne particulièrement l'Holocène et documente largement le rôle de l'Homme dans l'évolution du couvert végétal. Il faut aussi souligner l'originalité de chacun de ces travaux qui le plus souvent sont inscrits dans des programmes pluridisciplinaires, au sein desquels sont développées des méthodes innovantes de croisements des données archéologiques, historiques et environnementales. Une originalité qui tient enfin à l'identité humaine et l'histoire naturelle particulières qui ont façonné ces régions et qui constituent des patrimoines uniques.

Dans les relations entre le climat, les sociétés humaines et l'écoumène, désormais les débats ont dépassé le stade du dualisme entre le « tout anthropique » et le déterminisme climatique. Les études récentes illustrent très bien les relations extrêmement complexes qui ont pu exister entre les variations climatiques et les pratiques agro-pastorales par exemple. La réponse aux fluctuations du climat n'est pas forcément binaire : péjoration-déprise, amélioration-emprise. A titre d'exemple, dans les Alpes, les phases de détériorations climatiques qui se sont succédé entre 2300 et 800 cal BP ont conduit à une réduction des surfaces cultivées (Tinner *et al.* 2003), en revanche, en Irlande, la confrontation entre données archéologiques, historiques et paléoenvironnementales, a montré que la détérioration climatique du haut Moyen Âge, avait conduit à une augmentation de la culture des céréales, avec le passage d'une économie basée sur l'élevage à la céréaliculture (Kerr *et al.* 2009).

Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse se placent donc dans la tradition des études palynologiques qui s'attachent à reconstituer l'histoire postglaciaire de l'environnement végétal, avec une attention particulière portée au rôle des sociétés humaines, dans une vision de l'analyse pollinique « anthropocentrée » (Galop 2000). C'est un travail qui participe aussi à une dynamique d'étude de l'évolution de la végétation et de la formation des paysages des zones de moyennes montagnes - même si parfois son caractère montagnard peut être contesté au Morvan (Rat 2006). Cette dynamique concerne les massifs montagnards du sud-ouest européen dans lesquels sont investis les grands laboratoires de recherches français sur le paléoenvironnement (dans les massifs alpins et jurassien laboratoire Chrono-environnement de Besançon et IMEP

d'Aix-Marseille, dans les Pyrénées laboratoire GEODE de Toulouse, dans le Massif central du Mont-Lozère, Geolab Limoges et Clermont-Ferrand).

La problématique qui a sous-tendu à ce travail de thèse s'articule autour de trois grands objectifs : **combler une lacune géographique dans l'histoire du couvert végétal postglaciaire** ; **replacer l'histoire du paysage du Morvan dans une perspective diachronique**, et suivre les rythmes des différentes pratiques qui l'ont façonné ; **participer à la connaissance de l'histoire de l'occupation humaine du Morvan**.

**1- Combler une lacune géographique**

Si l'on observe la répartition des données paléoenvironnementales récemment acquises dans le Centre et l'Est de la France, on remarque un espace « vide » laissé par le Morvan et ses marges. Ces données qui entourent l'espace morvandiau proviennent principalement d'études réalisées dans le Bassin parisien, le massif du Jura, le Massif central, l'Ouest de la France (pour toutes ces régions voir références ci-dessus), auxquelles on peut ajouter les résultats d'un programme pluridisciplinaire mené en région Centre (Batardy *et al.* 2001, Vannière *et al.* 2001, Gauthier 2004), ceux et l'étude plus ancienne des plaines du bassin de la Loire (Planchais 1971). Toutefois, jusqu'à ce jour, le Morvan n'était pas complètement dépourvu d'analyses polliniques, quatre séquences prélevées en tourbières ont été publiées, dans les années 50 d'une part, dans les années 90 d'autre part. Les premières réalisées par G. Lemée (1951), concernent trois tourbières réparties entre le nord et le sud du massif. L'ancienneté de ces analyses, qui n'ont pas fait l'objet de datation absolue, les rend difficilement exploitables pour répondre aux questions telles qu'elles sont traitées aujourd'hui. Plus récemment, l'analyse d'une carotte prélevée aux Sources de l'Yonne a été réalisée dans les années 90 par H. Richard (1996). Ces analyses avaient démontré le potentiel paléoécologique que représentaient les petites tourbières morvandelles, dont la chronologie recouvrait au moins une grande partie de l'Holocène. Toutefois, l'absence de datation radiométrique n'a pas permis une réelle exploitation des résultats obtenus à l'époque. Jusqu'à ce jour l'évocation de l'évolution du couvert végétal du Morvan (e.g. Collectif 1997, Vaucoulon et Chiffaut 2004, Zakin *et al.* 2007) se faisait sur la base de ces analyses qui elles-mêmes étaient interprétées par analogie avec les zones de moyenne montagne voisines, principalement le Jura et le Massif central.

**2- Replacer l'histoire du paysage du Morvan dans une perspective diachronique**

Après avoir dégagé les grandes lignes de l'évolution naturelle postglaciaire de la végétation du Morvan, cette étude régionale s'attachera à analyser le rôle de l'Homme dans cette évolution à partir du Néolithique, soit depuis environ 7000 ans. Pour cela, il s'agira de comprendre les processus qui ont présidé à la formation du paysage morvandiau actuel, et notamment, en ce qui concerne l'impact anthropique, discerner les pratiques et modes d'exploitation du milieu qui se sont succédé au cours du temps, en réponse aux changements climatiques et sociétaux. Seront alors abordées, les pratiques agro-pastorales, mais aussi l'utilisation des ressources naturelles, principalement les ressources forestières et minières. L'analyse des microfossiles non-polliniques, particulièrement les spores de champignons coprophiles, viendra appuyer l'analyse des grains de pollen et spores pour identifier les phases de pastoralisme. Ces marqueurs non polliniques, qui se révèlent aussi d'un apport précieux pour l'étude des évolutions paléoécologiques des écosystèmes palustres et lacustres, sont de plus en plus largement utilisés par les palynologues (e.g. VHA special issue, Haas dir. in press). Les études régionales récentes ont aussi montré que, pour approcher les pratiques, la confrontation pluridisciplinaire est indispensable et notamment les données archéologiques et historiques. Dans le Morvan, la faiblesse des données archéologiques et historiques accessibles constitue une limite indéniable pour finaliser un travail comparable à ceux de S. Richer (2009) dans les Alpes méridionales ou de L. Gaudin dans l'ouest de la France (Gaudin 2004, Gaudin *et al.* 2008) ou encore de B. Prat (2006) en Auvergne, qui grâce à la confrontation des données paléoécologiques avec une solide base de données archéologiques, proposent des reconstitutions paysagères. Par ailleurs, le caractère initial de notre travail de thèse, qui représente la première synthèse pollinique régionale du Morvan, n'était pas favorable à la constitution d'un référentiel pollinique actuel, étape indispensable pour proposer la restitution quantitative des paysages anciens d'après les données polliniques, telle que le permettent les modélisations mises au point par le groupe POLLANCAL (un bilan de ses acquis peut être trouvé dans (Gaillard *et al.* 2008), VHA Special Issue « *Human impact on terrestrial ecosystems, pollen calibration and quantitative reconstruction of past land-cover* »). D'autres voies ont alors été choisies dans ce travail sur le Morvan, pour aller plus loin dans l'utilisation des résultats paléoécologiques pour reconstituer l'histoire du couvert végétal, dans ses relations avec celle des sociétés humaines et la formation des paysages culturels. Nous avons notamment procédé à un effort de

représentation destiné à rendre la donnée palynologique plus à même d'être confronté aux données archéologiques. L'un des atouts du Morvan pour une étude des dynamiques d'occupation et d'exploitation des milieux à l'échelle du massif, est le nombre de sites analysés (une dizaine) sur une surface assez réduite (1500 km$^2$ environ), une situation encore favorisée par l'homogénéité des milieux envisagés.

**3- Participer à la connaissance de l'histoire de l'occupation humaine du Morvan**

Comme nous venons de l'évoquer, malgré un nouvel élan récent des programmes de prospections dans le sud du Morvan (Haupt *et al.* 2007, Nouvel 2008), l'état des connaissances archéologiques est encore très lacunaire dans le Morvan. Le problème de la recherche archéologique en Morvan tient tout d'abord à sa situation paysagère actuelle : avec un taux de boisement de 48% (Zakin *et al.* 2007), 80 % de la surface agricole couverte de prairie (Vaucoulon et Chiffaut 2004) et seulement 7% de la surface agricole utile qui est labourée (Nouvel 2008), les conditions sont extrêmement défavorables aux prospections archéologiques. Avec l'absence de réelle agglomération urbaine, ou encore de grandes infrastructures à caractère régional ou national, autoroutes, lignes de chemin de fer (LGV), sa situation socio-économique marginale n'est pas non plus favorable à l'intervention de l'archéologie préventive, moteur actuel des recherches archéologiques régionales. A cela s'ajoute encore l'acidité des sols qui ne permet pas la conservation dans le temps du matériel organique. Ce sont autant de facteurs limitant qui font que, contrairement aux régions de grandes cultures voisines, les modalités et l'évolution des réseaux de peuplements anciens y sont très mal connues, et les chantiers archéologiques y sont extrêmement rares. A une exception près, mais non des moindres, puisqu'un site archéologique majeur de la protohistoire européenne, l'*oppidum* gaulois de Bibracte, est situé dans le sud du Morvan, sur le Mont-Beuvray, à 821 m d'altitude. Cette agglomération du second âge du Fer était la plus importante du puissant peuple éduen qui, aux deux derniers siècles de notre ère, occupait un territoire correspondant grossièrement à la Bourgogne actuelle. L'identification de l'*oppidum* de Bibracte « *le plus grand et le plus riche des Eduens* » décrit par César dans la *Guerre des Gaules*, avec les vestiges archéologiques situés sur le Mont-Beuvray, ne s'est faite que tardivement, à la fin du XIX$^e$ siècle, par un érudit autunois J.-G. Bulliot, à une époque où la communauté des historiens le situait à Autun (Goudineau et Peyre 1993). Napoléon III lui confia la direction des investigations sur le

Mont Beuvray et, de 1867 à 1885, les fouilles commencèrent à mettre au jour les vestiges de la ville celtique. A sa mort, c'est son neveu J. Déchelette qui reprit les investigations jusqu'en 1903. Après la disparition de ce dernier lors de la Première guerre mondiale en 1914, le site cessa de faire l'objet de fouilles pendant de longues années, mais la localisation de l'*oppidum* de Bibracte était définitivement fixée sur le Mont-Beuvray. Au début des années 80, c'est à nouveau grâce à la volonté politique d'un chef d'état, F. Mitterrand, qui répondit à la sollicitation d'archéologues spécialistes de la société gauloise de la Téne finale, que les recherches reprirent à Bibracte. Au cours des années 80, un musée de la civilisation celtique et une structure de recherche exceptionnelle, le Centre de Recherche archéologique européen du Mont-Beuvray, ont été créés (Bibracte) (Goudineau et Peyre 1993) (fig. I2). Sur ce lieu de recherche privilégié interviennent des équipes de chercheurs et d'étudiants de différentes régions de France et de différents pays d'Europe. Le site archéologique, remarquablement conservé sur 200 ha, est particulièrement propice à la compréhension de l'histoire, de la structure, du fonctionnement de la ville celtique. Avec la publication du volume « L'environnement du Mont Beuvray » (Buchsenschutz et Richard 1996) à la fin des années 90, s'affirme la volonté de replacer plus largement ce site majeur de la Protohistoire européenne dans son environnement naturel et humain. L'ouvrage rassemble les contributions de différents spécialistes étudiant l'environnement actuel ou très récent du Mont-Beuvray (Boyer 1996, Braojos *et al.* 1996, Chabin 1996, Perrier 1996, Veyret et Plassiard 1996) et des études paléoenvironnementales sur des écofacts (Lambert et Lavier 1996, Richard 1996), ainsi que les résultats de prospections archéologiques ou d'études toponymiques sur les communes du haut Morvan (Almagro-Gorbea et Gran-Aymerich 1996, Barral 1996, Biquand *et al.* 1996, Ducomet et Hesse 1996, Goguey 1996, Niaux 1996). Parallèlement, la fouille de la Fontaine Saint-Pierre, dès 1988, inscrit la préoccupation paléoenvironnementale dans les programmes de recherche sur le site même de l'*oppidum* (Barral et Richard 2009). Hormis la compréhension du fonctionnement et des aménagements de cette source dont le caractère sacré survivait encore au moment de la reprise des investigations à Bibracte, la volonté de « *restituer l'ambiance végétale dans l'enceinte de la ville et à proximité* », passe par l'étude de macro-restes végétaux qui y ont été retrouvés dans un état de conservation exceptionnel, bois et graines notamment (Bourquin-Mignot 2009, Durost *et al.* 2009, Wiethold 2009).





**Fig. I2** Les recherches actuelles sur le Mont-Beuvray.
Photo 1 Portraits de J.-G. Bulliot et J. Déchelette au Musée de la civilisation celtique. Photo 2 Centre Archéologique Européen à Glux-en-Glenne. Photo 3 Vue aérienne des fouilles à Bibracte.
© Bibracte A. Maillier

En 2000, avec la reprise d'un programme « Environnement du Mont-Beuvray », dirigé par Ch. Petit (MCF-HDR, Université de Bourgogne), s'est opéré un changement d'échelle, avec un élargissement de la microrégion du Mont-Beuvray pour atteindre celle du massif du Morvan, et avec la volonté de placer l'évolution du couvert végétal dans la longue durée. C'est en profitant de cette dynamique qu'une étude palynologique visant à exploiter de façon diachronique et exhaustive les archives naturelles des tourbières du Morvan – une dizaine au total - a donc été entreprise. La collaboration avec le Centre Archéologique Européen était alors principalement axée sur le rôle des activités minières et métallurgiques dans le peuplement du Morvan avant et pendant le second âge du Fer avec l'édification et la prospérité de l'*oppidum* de Bibracte. L'originalité de la démarche adoptée pour répondre à cette thématique a été de réunir des archéologues, des spécialistes du paléoenvironnement et des géochimistes pour retracer l'histoire des pollutions atmosphériques. Cette opération a déjà donné lieu à plusieurs publications (Forel *et al.* 2006, Guichard *et al.* 2004, Jouffroy-Bapicot 2007, Jouffroy-Bapicot *et al.* 2008, Jouffroy-Bapicot *et al.* 2007, Monna *et al.* 2004, Petit *et al.* 2008) et l'approche géochimique des activités minières et métallurgiques a fait l'objet d'une thèse soutenue fin 2009 (Forel 2009). Les analyses polliniques réalisées dans le cadre de ce programme de recherches ont ainsi pu bénéficier de financements pour les datations radiocarbone des séquences sédimentaires, ainsi que d'un exceptionnel soutien logistique, de la part du Centre Archéologique Européen du Mont Beuvray. Par ailleurs, l'histoire des premiers impacts anthropiques sur le couvert végétal du Morvan, du Néolithique ancien jusqu'au Bronze Moyen (5000-1350 cal BC), a été intégrée dans un programme ACI (Action Concertée Incitative Jeunes Chercheurs), dirigée par R. Martineau, B. Vannière et M. Gabillot, qui visait à replacer dans une dynamique diachronique l'essor socio-économique du

Néolithique final (IIIe millénaire avant notre ère), en croisant données paléoenvironnementales et données archéologiques dans un transect géographique du Centre à l'Est de la France (Martineau *et al.* 2007). Outre les moyens supplémentaires apportés, principalement pour dater au mieux la tranche chronologique concernée, notre travail s'est largement enrichi des collaborations engagées dans le cadre de ce programme.

La rédaction du mémoire de thèse, avec les objectifs que nous venons d'énoncer, s'organise en trois parties. La première présentera le cadre naturel et humain de la région analysée puis exposera les matériels et méthodes employés ; les analyses réalisées et les résultats obtenus sur chacun des sites seront détaillés dans une deuxième partie ; enfin la troisième partie présentera la synthèse des acquis en terme d'évolution du couvert végétal en lien avec les forçages climatiques et les impacts anthropiques, et feront un bilan du nouvel éclairage apporté sur l'occupation humaine du Morvan depuis 7000 ans.

# Première partie.
## Cadre de l'étude et méthodes d'analyse



**Le Mont-Beuvray** - © Bibracte A. Maillier

## 1.1. LE MASSIF DU MORVAN

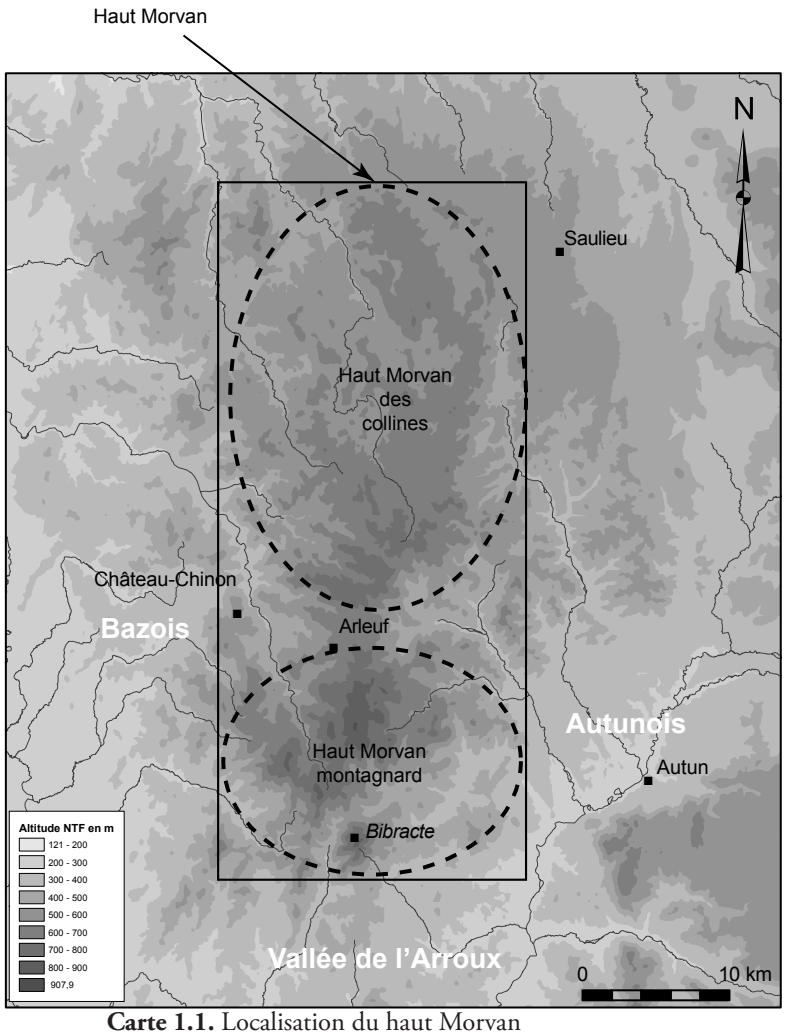
Situé au cœur de la région Bourgogne, le Morvan est un petit massif qui a une forte identité naturelle. Cependant, aussi loin que l'on puisse remonter dans son histoire administrative, on ne lui connait pas d'existence institutionnelle propre ; il est toujours morcelé par les découpages politiques et/ou religieux. L'histoire de sa cartographie analysée par G. Mottet (2008) illustre bien cet état de fait : le Morvan est représenté par ses caractères naturels : monts et forêts, mais son nom ne figure quasiment jamais sur les cartes avant le XIX$^{e}$ siècle. L'auteur explique cette « *absence cartographique et institutionnelle d'une entité morvandelle* » par une autre absence, celle « *d'une ville conséquente et d'un pouvoir civil et religieux s'y référant* ». Le nom « Morvan » est mentionné pour la première fois dans un manuscrit du V$^{e}$ siècle de notre ère qui évoque la création d'un ermitage dans les *deserta morvinni* : les déserts du Morvan. L'origine de ce nom, un temps attribuée à une racine celtique qui aurait eu le sens de « montagne noire » est aujourd'hui contestée, et la question de son étymologie reste encore non élucidée (Collectif 1997).

Le Morvan couvre un territoire de moyenne montagne qui souffre d'une réputation peu flatteuse de pays austère, aux terres pauvres et aux forêts inquiétantes (Bonnamour 1966). Au XVII$^{e}$ siècle, la description qu'en fait l'un des plus célèbres enfants du pays, le maréchal de Vauban, oppose les marges nord-orientales, « bon pays » au Morvan « *bossillé* », « *ce petit et mauvais pays* ». Le ministre de Louis XIV y dresse un tableau peu flatteur du « *très-médiocre* » Morvan : « *C'est un terroir aréneux et pierreux, en partie couvert de bois, genêts, ronces fougères et autres méchantes épines, où on ne laboure les terres que de six à sept ans l'un ; encore ne rapportent-elles que du seigle, de l'avoine et du blé noir, pour environ moitié de l'année à leurs habitants, qui, sans la nourriture du bétail, le flottage et la coupe des bois, auraient beaucoup de peine à subsister* » (publication de l'association des Amis de Vauban, Saint-Léger-Vauban, 1986, cité *in* (Collectif 1997).

### 1.1.1. Le Morvan, une montagne ?

Le Morvan dans la littérature régionale est souvent comparé à une « île granitique » émergeant des terrains sédimentaires qui l'entourent, les dépressions périmorvandelles du Nivernais,

du Bazois, de Vaux de Montenoison et de Terre Plaine (d'Ouest en Est). Ce petit massif constitue le prolongement nord-est du Massif central, où le socle hercynien a été porté en altitude par la poussée alpine du Tertiaire. Il représente une entité physique bien individualisée au cœur du territoire bourguignon, avec des altitudes plus élevées, d'importantes précipitations et des terrains primaires acides. Toutefois, le Morvan doit davantage son allure de montagne « *à un système de pentes courtes et fortes qu'à des altitudes élevées* » (Bonnamour 1966). Son point culminant, le Haut-Folin, ne dépasse pas 901 m d'altitude. Sa faible élévation et ses reliefs aux formes arrondies rendent parfois contestable son statut d'espace montagnard, raison pour laquelle nous avons repris l'interrogation empruntée à P. Rat (Rat 2006) pour introduire la présentation physique du massif du Morvan. De plus, la détermination de ses limites fluctue selon les auteurs et leur spécialité. Le Morvan des géologues est certainement le plus vaste, englobant l'ensemble des terrains au sous-sol cristallin : le bas Morvan septentrional qui descend en pente douce jusqu'à Avallon, le massif du Luzy qui s'étend au sud jusqu'à la Loire, le signal d'Uchon au sud d'Autun et le haut Charolais qui s'étend jusqu'au Beaujolais. Le travail paléoenvironnemental présenté ici concerne principalement ce que les auteurs nomment **le haut Morvan, la partie du massif dont les altitudes sont situées au dessus de 450 m** et qui est caractérisé par un couvert végétal dominé par la forêt. Il forme un ensemble dissymétrique composé au sud du **haut Morvan montagnard,** où se situent des sommets de forme tabulaire les plus élevés et, au nord, du **Morvan central**, encore appelé **Morvan des collines,** ou encore Morvan pourri par J. Beaujeu-Garnier (1951), qui est caractérisé par un relief plus émoussé (carte 1.1.) ; ces deux grandes parties

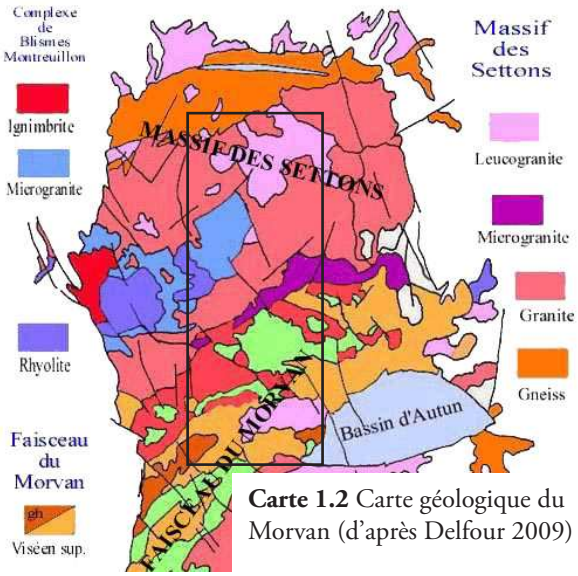



**Carte 1.1.** Localisation du haut Morvan

étant séparées par la cuvette d'Arleuf, une vaste dépression d'orientation est-ouest. Le choix de cette aire géographique, certainement la plus restreinte des désignations du Morvan, répond à deux logiques : la première tient à la répartition des tourbières morvandelles qui sont concentrées dans cette zone, la seconde s'attache à suivre les contours d'un territoire où le caractère sub-montagnard est affirmé, en opposition avec des terres de plus basses altitudes qui, bien que toujours caractérisées par des terrains acides, sont exploitées différemment ; des milieux plus ouverts où la place occupée par la forêt est beaucoup moins prégnante.

**La géologie**

Les roches qui composent le sous-sol du haut Morvan peuvent être divisées en deux grands groupes (carte 1.2.). Au nord, dans le Morvan des collines (massif des Settons), les granites dominent, roches grenues, riches en quartz, de couleur variant du rose au gris. Leur altération dans le temps produit un relief émoussé et forme de larges cuvettes dans cette zone où les altitudes varient de 450 à 750 mètres. La partie sud est plutôt composée de roches volcano-sédimentaires, rhyolithes, tufs… (faisceau du Morvan), qui ont été portées à des altitudes plus élevées par la poussée tectonique du Tertiaire (Rat 2006) et qui prennent en écharpe le sud du massif. C'est là, dans le haut Morvan montagnard, que sont situés les plus hauts sommets, le Haut-Folin (901 m), le Grand-Montarnu (857 m), le mont Préneley (855 m) et le Mont-Beuvray (821 m) (Vaucoulon et Chiffaut 2004). Le relief morvandiau ne garde pas les traces caractéristiques qu'aurait laissées la présence de glaciers permanents lors des dernières glaciations (moraines, vallées en U, lacs glaciaires, deltas proglaciaires). Toutefois, ces périodes froides ont laissé leur empreinte, le gel a favorisé la décomposition du granite en arène et a provoqué des glissements et plissements de ce manteau d'arène, ce qui a aussi entraîné la coulée de blocs comme dans la région de Saint-Brisson (Rat 2006). La poussée alpine du Tertiaire qui a surélevé et fracturé les




**Carte 1.2** Carte géologique du Morvan (d'après Delfour 2009)

blocs du massif du Morvan est aussi à l'origine d'un important système de failles d'orientation sud-ouest/nord-est. Ces failles qui parcourent l'ensemble du massif se sont comblées de filons de quartz fortement minéralisés, principalement nés de remplissages hydrothermaux (Gourault 1999, Vaucoulon et Chiffaut 2004). Ces ressources polymétalliques ont été exploitées jusqu'au XX$^{e}$ siècle ; parmi ces ressources on peut nommer la fluorine qui fut encore exploitée jusque dans les années 1980 à la mine de l'Argentolle (Saint-Prix), mais plusieurs exploitations à ciel ouvert, souvent de petite envergure, ont aussi concerné des gisements à formation de chapeau de fer, de galène, de pyrite et chalcopyrite (Gourault 1999, Tamas 2004) (photo 1.1). Un potentiel métallogénique plus vaste en plomb argentifère, argent, or, cuivre et zinc notamment a pu être identifié à plusieurs reprises (Boisson 2003, Cauuet *et al.* 2008, Delfour 2009, Tamas 2004).



**Photo 1.1.** Galène de l'Argentolle. © C. Gourault

Si le Morvan est un massif aux formes arrondies, c'est en grande partie à la présence de l'arène granitique, terrain sablo-argileux qui provient de la dégradation de la roche sous-jacente, qu'il doit cet aspect en « ronde bosse ». L'arène granitique recouvre presque entièrement le Morvan où l'on ne rencontre que peu d'affleurements de roches saines, excepté au niveau des formations de chaos granitiques. Cette forme caractéristique provient aussi de l'érosion du granite, avec des boules de roches de dimensions plus au moins importantes qui ont résisté à la décomposition et qui sont mises au jour lors du déblaiement naturel de l'arène. Ces reliefs particuliers ont donné lieu à des toponymes évocateurs, comme « la Pierre-qui-Vire » au nord du Morvan central, et ils ont parfois été considérés à tort comme des constructions mégalithiques, à l'instar du « dolmen » de Chevresse près de Saint-Brisson (photo 1.2.). Enfin, ce relief arrondi est entaillé de vallées profondes, comme celle de la Canche qui creuse de véritables gorges dans la partie orientale du haut Morvan montagnard (photo 1.3.).



**Photo 1.2.** «Dolmen» de Chevresse - Chaos granitique



**Photo 1.3.** Les gorges de la Canche

Les granites qui dominent dans le Morvan central induisent la formation de sols généralement acides et peu épais, des sols particulièrement sensibles à l'érosion. L'étude de coupes géologiques sur les versants méridionaux et orientaux du Mont-Beuvray ont pu mettre en évidence une érosion très probablement d'origine anthropique (Veyret et Plassiard 1996).

**Le climat**

Premier obstacle pour les perturbations provenant de l'Atlantique, le massif est caractérisé par une pluviométrie particulièrement importante, bien supérieure à la pluviométrie moyenne du reste de la Bourgogne. Comme d'autres massifs anciens, Vosges ou Massif central, le sud du Morvan « lieu de convergence pluviométrique » est plus arrosé que le nord (Chabin 1996), 1400 mm d'eau en moyenne au lac des Settons et plus de 1500 mm au Haut Folin (Vaucoulon et Chiffaut 2004) (fig 1.2.). Globalement, les importantes précipitations qui arrosent le Morvan, participent à son caractère montagnard, un caractère moins affirmé en ce qui concerne les températures. Bien que les moyennes annuelles soient assez faibles (8,5°C dans les années 80, Chabin 1996), les températures hivernales sont moins basses que celles d'autres moyennes montagnes, comme le Jura et les Vosges. De ce fait, le manteau neigeux ne se maintient guère et la seule station de ski massif, située sur le Haut Folin, a cessé de fonctionner dans les années 80. La relative douceur hivernale du haut Morvan s'explique par la combinaison de deux facteurs : la faiblesse des altitudes d'une part et surtout l'influence océanique prédominante par rapport à l'influence continentale d'autre part.

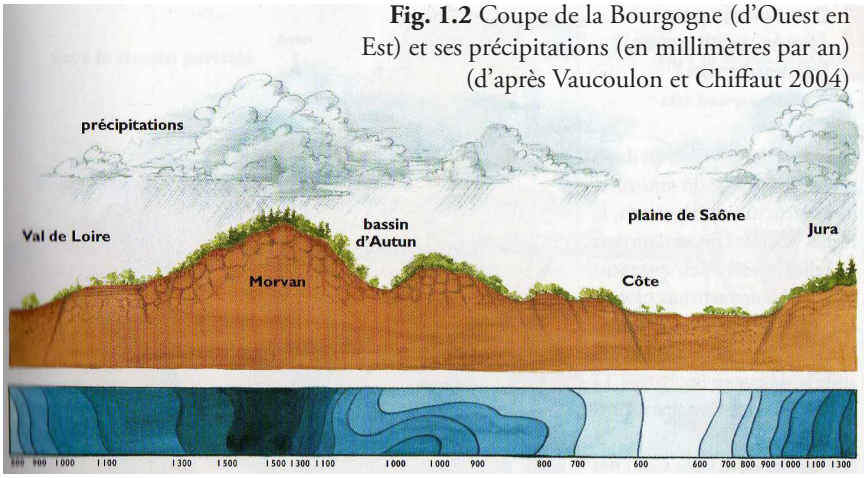



**Fig. 1.2** Coupe de la Bourgogne (d'Ouest en Est) et ses précipitations (en millimètres par an) (d'après Vaucoulon et Chiffaut 2004)

**L'importance de l'eau**

L'importance des précipitations explique en partie l'omniprésence de l'eau dans le Morvan et le nombre important de ruisseaux et rivières qui en font un véritable « château d'eau » ali-

mentant les bassins qui l'entourent, notamment le Bassin parisien avec les rivières d'Yonne et de Cure. Toutefois, la couverture sédimentaire d'arène granitique joue aussi un rôle déterminant dans le réseau hydrographique du Morvan. L'eau issue des importantes précipitations imbibe l'arène puis, arrêtée par la roche saine, elle s'écoule le long des pentes avant de suinter en bas de versant (Rat 2008), favorisant la présence de terrains secs sur les hauteurs et de terrains humides, quasiment constamment gorgés d'eau en bas de versant. De ces zones basses sourdent une multitude de petites sources et petits ruisseaux plus ou moins pérennes qui donnent naissance aux prairies humides, les « mouilles », si caractéristiques du paysage morvandiau. L'eau qui s'acidifie au contact de l'arène est douce et pauvre en sels minéraux, ce qui limite le développement de la vie aquatique (Vaucoulon et Chiffaut 2004).

### 1.1.2. Paysage et végétation actuels

Dans l'Atlas des Paysages édité par le PNR du Morvan (http://paysage.parcdumorvan.org/), le haut Morvan, cadre de la présente étude, correspond principalement à l'entité paysagère nommée ***dorsale boisée***. Les altitudes y sont globalement supérieures à 500 m, et elle est caractérisée par un climat hivernal rude. La forêt qui domine largement et les formes arrondies des reliefs même les plus élevés, forment un paysage où les lignes de crête sont peu perceptibles et où « *il est rare de voir un sommet émerger* » (2007) (photo 1.4.). Cet espace essentiellement forestier est troué de petites clairières dans lesquelles sont installés des hameaux, principale forme de l'habitat dispersé qui caractérise le Morvan.

**La végétation du Morvan**

(sources bibliographiques principales : (Bardet *et al.* 2008) et (Vaucoulon et Chiffaut 2004))

**Le couvert forestier** qui marque ce paysage est largement enrésiné depuis les années 60. Des plantations monospécifiques, principalement composées d'épicéas (*Picea abies*), de pins douglas (*Pseudotsuga menzieii*) et de sapins (*Abies alba*), découpent de vastes tâches sombres en « timbres de poste » dans la forêt caducifoliée. Localement on peut rencontrer quelques parcelles forestières de mélèzes (*Larix decidua*), surtout dans le haut Morvan montagnard. Les forêts caducifoliées de l'étage collinéen, entre 450 et 750 m, sont essentiellement composées de chênes sessiles (*Quer-*



**Photo 1.4.** Paysage forestier du haut Morvan
© Bibracte A. Maillier

*cus robur*) et de hêtres (*Fagus sylvatica*), en proportions variables selon les conditions naturelles locales et leur gestion passée et actuelle. Le charme (*Carpinus betulus*) est extrêmement discret sur l'ensemble du massif, et il ne se développe réellement que sur les bas de pente. L'étage submontagnard, au dessus de 750 m d'altitude, est caractérisé par la hêtraie. Un sous-bois à houx (*Ilex aquifolium*) va s'y développer dans les secteurs occidentaux, plus soumis aux précipitations. Des bois hygrophiles colonisent les plateaux et versants à faibles pentes ; ce sont plutôt des boulaies sur les sols non-tourbeux, des aulnaies-boulaies ou aulnaies à sphaignes sur sol tourbeux et dans les fonds de vallons. L'extension du châtaignier (*Castanea sativa*) que l'on retrouve dans les haies et dans les forêts sur sols secs et acides, est largement influencée par l'Homme pour l'usage de son bois et la consommation de ses fruits. Il est surtout présent sur les versants exposés au sud.

**Les coupes forestières et les lisières** favorisent le développement de groupements héliophiles et acidiphiles dominés par l'épilobe en épis (*Epilobium angustifolis*), la digitale pourpre (*Digitalis purpurea*) ou encore le mélampyre des prés (*Melampyrum pratense*). L'osmonde royale (*Osmunda regalis*), grande fougère des forêts marécageuses et des tourbières atlantiques, croît dans quelques aulnaies morvandelles où elle est protégée. Dans la zone du haut Morvan étudiée ici, les landes à bruyères (principalement la callune - *Calluna vulgaris*) sont assez rares dans la mesure où les coupes forestières dans lesquelles ces formations se développent ont été généralement replantées en résineux. Dans le haut Morvan, la myrtille (*Vaccinium myrtillus*) profite des petites ouvertures dans la forêt.



**Photo 1.5.** Queule sur le Mont Beuvray
© Bibracte A. Maillier

**Les clairières** qui émaillent le manteau forestier sont dévolues aux prairies bocagères, prairies de fauche et de pâturage. Se mêlent en un réseau serré, prairies sèches en haut de pentes, prairies humides, « mouilles », mégaphorbiaies et

prairies paratourbeuses en descendant sur les versants. Au dessus de 500 m on y trouve des espèces montagnardes, comme l'arnica (*Arnica montana*), la renouée bistorte (*Polygonum bistorta*) ou la laitue de Plumier (*Cicerbita plumieri*). Localement, on rencontre des espèces atlantiques qui sont aux limites de leur extension comme la jacinthe des bois (*Hyacinthoides non-scripta*) ou les bruyères cendrée et quaternée (*Erica cinerea* et *Erica tetralix*). Les mouilles, prairies paratourbeuses et mégaphorbiaies, sont marquées par la présence de la reine-des-prés (*Filipendula ulmaria*) et de l'angélique (*Angelica sylvestris*). La base des haies traditionnelles du Morvan est constituée de jeunes arbres tressés. Les hêtres ainsi traités qui ont continué leur croissance après l'abandon de l'entretien de la haie prennent des formes tortueuses très particulières : ils portent localement le nom de « queules » et marquent de leur silhouette le paysage du haut Morvan, jusque sur le Mont-Beuvray (photo 1.5). Aujourd'hui ces haies bocagères sont le lieu privilégié du développement du noisetier (*Corylus avellena*).

C'est aussi dans le haut Morvan que se concentrent **les tourbières** du massif. De formation soligène sur des versants à faible pente ou topogène dans les fonds de vallons, elles abritent des groupements oligotrophes boréo-montagnards dans lesquels on compte plusieurs espèces protégées et/ou menacées au niveau régional et national comme les rossolis (*Drosera intermedia* et *rotundifolia*), la canneberge (*Vaccinium oxyccocos*), ou encore la linaigrette engainée (*Eriophorum vaginatum*). Les zones qui arrivent à un stade évolué sont colonisées par la callune (*Calluna vulgaris*), qui permet ensuite l'installation de quelques bouleaux (*Betula pubescens*) et de saules (*Salix cinerea* et *aurita*). Les tourbières dégradées par les drainages ou l'assèchement naturel sont envahies par la molinie (*Molinia caerulea*). Ces derniers stades sont aussi propices au développement d'un tapis de jonquilles (*Narcissus pseudonarcissus*).

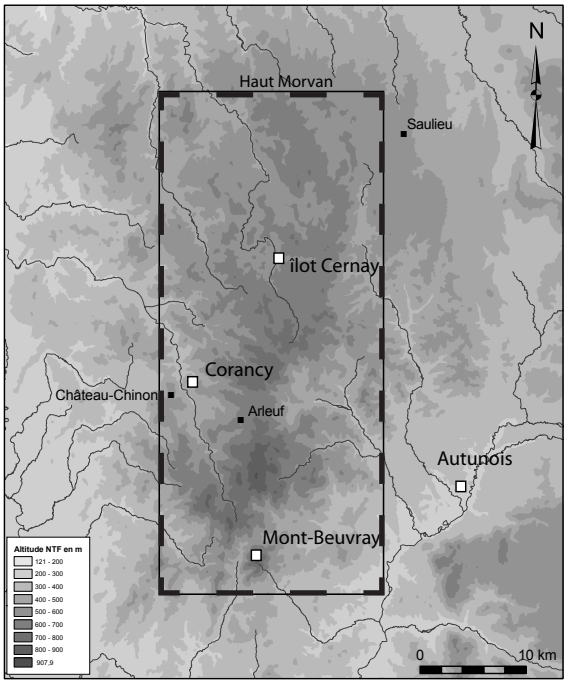
**Les parcelles cultivées** sont extrêmement rares et de surface très limitée dans le haut Morvan montagnard, comme dans le Morvan central. A côté des pairies humides, on trouve des *« lentilles de bon sol qui peuvent être très fertiles »* et qui étaient autrefois exploitées pour la culture du seigle ou des pommes de terre. Partout, la « *nécessité de faire la part du bon et du mauvais sol de culture a dessiné un parcellaire agricole serré et sinueux… responsable du tracé complexe des clairières noyées dans la forêt, fruit d'une longue pratique paysanne* » (Collectif, 2007). Aujourd'hui, même les prairies de pâturage sont régulièrement labourées et amendées.

La zone étudiée est délimitée par des vallées, secteurs de transition au paysage plus collinéen et où les cultures sont plus courantes et le paysage plus ouvert ; même si les massifs boisés restent importants, ils sont plutôt cantonnés aux hauteurs. Il s'agit des vallées de l'Yonne à l'Ouest, de la Cure au Nord, du Ternin et de la Celle à l'Est.

Ce n'est qu'au niveau des piémonts que l'on trouve les villes qui concentrent les activités économiques et administratives du Morvan (Autun au sud-est, Saulieu au nord-est, Auxerre au nord), à l'exception de Château-Chinon (598 m), située sur un promontoire qui surplombe le Bazois à l'extrémité occidentale du massif.

### 1.1.3. L'Homme en Morvan

Dans ce chapitre nous dresserons un rapide tableau de l'état des connaissances sur l'occupation du massif du Morvan et de ses marges immédiates, de la Préhistoire à nos jours. Chaque période sera à nouveau envisagée avec l'éclairage nouveau apporté par les analyses paléoenvironnementales sur l'occupation et l'histoire des relations homme-environnement sur le massif du Morvan, dans la partie 3, chapitre *3.3.2. Du Néolithique à nos jours, les grandes étapes de l'histoire des impacts des activités humaines sur le couvert végétal du Morvan*




**Carte 1.1.** Localication des principaux indices de sites mésolithiques dans le haut Morvan et ses marges

#### Les débuts de la Préhistoire, Paléolithique et Mésolithique

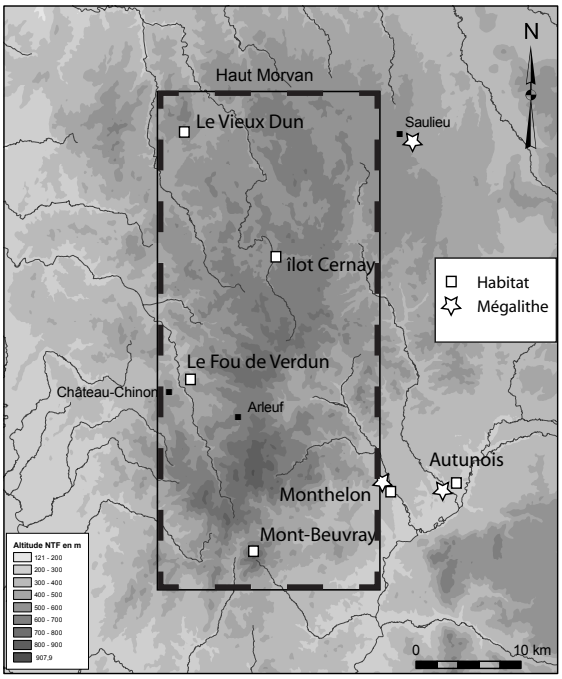
Si la région Bourgogne est très riche en sites paléolithiques, aucun d'entre eux ne concerne le massif du Morvan, et c'est dans une large périphérie que l'on retrouve les grands sites de référence du Paléolithique que sont les grottes d'Azé, en Saône-et-Loire, (dès le Paléolithique inférieur, il y a plus de 100 000 ans) (Combier *et al.* 2000), les grottes d'Arcy-sur-Cure et Saint-Moré dans l'Yonne (occupées régulièrement à

partir du Moustérien il y a plus de 35 000 ans) (Guilloré P. et Liger 1997, Baffier et Girard 1998), ou encore le site de Solutré, occupé tout au long du Paléolithique supérieur (35000 à 10000 avant notre ère), (Montet-White et Combier 2002). Plus proche du massif morvandiau, du mobilier lithique paléolithique a été retrouvé dans la vallée de l'Arroux, entre Autun et la Loire.

Au Mésolithique, c'est aussi dans la vallée de l'Arroux, jusque dans l'Autunois au pied est du Morvan, que les vestiges les plus importants ont été retrouvés (carte 1.1.). Sur le massif, la présence de microlithiques, mobilier mésolithique caractéristique, est signalée sur des sites occupés à des époques plus récentes, principalement au Néolithique et à l'âge du Fer, comme par exemple à Bibracte (Buchsenschutz *et al.* 1999) ou sur l'îlot Cernay, petite île du lac artificiel actuel des Settons à Moux-en-Morvan, (Joly et Olivier 1972) (carte 1.1.).

**Le Néolithique de 5000 à 2300 avant notre ère**

L'occupation du Morvan par les premières sociétés d'agriculteurs/éleveurs est à ce jour encore largement méconnue. Aucun vestige archéologique retrouvé sur le massif n'est daté avec certitude du Néolithique ancien et les sites néolithiques dans le Morvan restent en général extrêmement rares. Ils sont le plus souvent le fait de découvertes fortuites réalisées à l'occasion de la fouille de sites occupés ultérieurement, plus particulièrement des sites fortifiés comme les éperons barrés du Vieux Dun (Dun-les-Places), du Fou de Verdun (Corancy) et de Bibracte (sur le Mont-Beuvray) où des vestiges ont pu être observés lors de la fouille des *oppida* qui ont prolongé leur occupation à l'âge du Fer (Olivier 1983, Péquignot *et al.* 2001) (voir carte 1.2.). Des découvertes isolées de mobilier lithique ont aussi été faites sur le massif mais les éléments pouvant faire l'objet d'une datation relativement précise restent malheureusement très peu nombreux. Au nord-ouest du Morvan, et




**Carte 1.2.** Localisation des principaux sites néolithiques connus dans le haut Morvan et ses marges

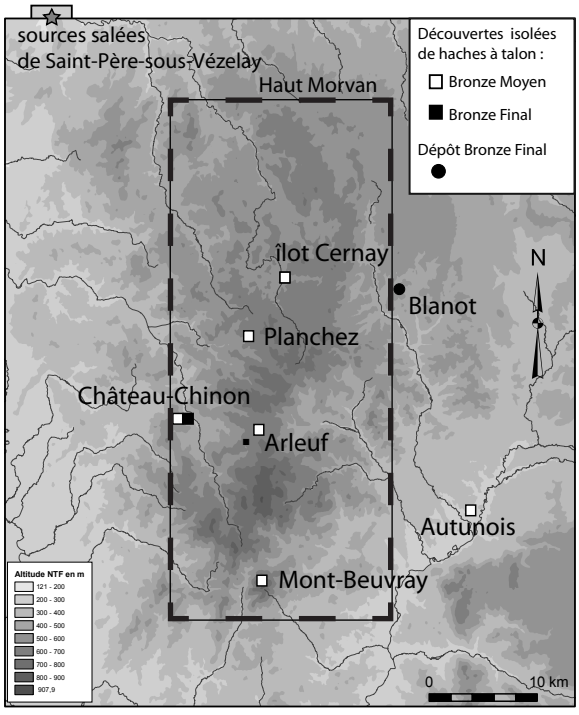
notamment dans les vallées de l'Yonne et de la Cure, les sites archéologiques livrent du matériel rattaché au courant de diffusion néolithique danubien (Carré *et al.* 1990), comme dans l'ensemble du Bassin parisien (Demoule 2007). En Morvan, l'indigence des données archéologiques ne permet pas de rattacher les quelques sites d'occupation à une ère culturelle déterminée, le petit massif se situant entre les deux courants de diffusion néolithique : le Danubien, par voie continentale, qui arrive sur le territoire français par la vallée du Rhin, et le Cardial, par voie maritime, qui remonte la vallée du Rhône (Demoule 2007). Certaines occupations peuvent ainsi être datées approximativement du Néolithique moyen et/ou final comme l'îlot Cernay, situé sur l'actuelle petite île du lac artificiel des Settons dans le centre du Morvan (carte 1.2.), où le mobilier lithique peut être mis en relation avec une structure d'habitat fouillée à la fin des années 70 (Olivier 1983). La question des mégalithes, structures monumentales caractérisant la période qui s'étend du Néolithique moyen au début de l'âge du Bronze, est extrêmement épineuse dans le Morvan en raison de la présence des chaos granitiques, formations naturelles d'érosion du granite (voir ci-dessus chap. 1.1.1), qui furent souvent interprétées comme dolmen. En l'absence d'une étude ciblée sur ce sujet, les seuls mégalithes formellement identifiés aujourd'hui se trouvent en bordure extérieure du massif, comme les menhirs de Pierre Pointe à Sussey (à l'est de Saulieu), et de Monthelon (à l'ouest d'Autun), ou encore les alignements de Saint-Pantaléon sur la commune d'Autun (Rebourg 1994) (carte1.2).

**L'âge du Bronze, de 2300 à 800 avant notre ère**

A la transition entre le Néolithique sans métal et l'âge du Bronze, caractérisé par l'utilisation du métal éponyme pour l'outillage, l'armement, l'ornement…, l'existence d'un âge du Cuivre ou Chalcolithique a été démontré, initialement dans le Sud de la France (Guilaine 2007). Cette période qui s'inscrit autour de 2500 avant notre ère voit se développer une métallurgie du cuivre. Sur les marges du massif du Morvan, deux haches de cuivre retrouvées au début du XX$^{e}$ siècle peuvent être rattachées à cette époque. Considérant la petite taille du territoire concerné, elles prennent un poids relatif non négligeable car les vestiges de cette époque, comme ceux du début du Bronze ancien, sont extrêmement rares dans de nombreuses régions françaises (Gabillot 2007). Pour cette même période, un site exceptionnel est localisé en bordure nord-orientale du massif : il s'agit de la première exploitation des sources salées de Saint-Père-sous-Vézelay (Yonne)

(voir carte 1.3.) (Bernard *et al.* 2006). Associées à un site thermal d'époque gallo-romaine, des cuves de captage creusées dans des fûts de chêne ont été retrouvées, témoins d'une exploitation plus ancienne des eaux salées. Les datations radiocarbone de micro-charbons associés à ces structures, ainsi que la datation dendrochronologique des cuves en chêne elles-mêmes, situent cette exploitation dans la seconde moitié du III$^{e}$ millénaire avant notre ère. L'étude tracéologique récente menée sur les fûts de chêne évoque l'utilisation de haches en bronze ou en cuivre pour l'abattage des chênes, des traces qui attestent de l'utilisation d'objets à base cuivre, considérés comme biens d'importation, pour une période encore située dans la phase chrono-culturelle du Néolithique final (entre 2500 et 2300 avant notre ère) pour cette région.

Sur le massif du Morvan, les 15 siècles qui couvrent l'âge du Bronze sont assez peu documentés par l'archéologie. Le bilan documentaire réalisé récemment par S. Chevrier pour la partie nivernaise du Morvan (Chevrier 2002) montre une évolution entre l'âge du Bronze ancien, pour lequel les découvertes sont totalement absentes, le Bronze moyen mieux documenté avec la découverte de haches isolées à Château-Chinon, Arleuf, Planchez et même un ensemble de mobilier à Moux-en-Morvan dans le Morvan central, et enfin, une période du Bronze final à nouveau très peu documenté (une seule trouvaille isolée à Château-Chinon) (carte 1.3.). Le bilan établi par M. Gabillot dans le cadre de l'ACI TEPANEO (Gabillot 2007) va dans le même sens, alors qu'il englobe une région plus large que celle qui correspond au massif et à ses marges. L'auteur souligne toutefois l'existence de quelques dépôts métalliques. Le plus proche est situé à Blanot (Saône-et-Loire) en bordure orientale du Morvan (carte 1.3.) ; daté du Bronze final ce dépôt exceptionnel est composé d'objets métalliques en or et en bronze, pour certains associés à des pièces de cuir (Thévenot 1991).




**Carte 1.3.** Principaux sites et indices de sites de l'âge du Bronze dans le haut Morvan et ses marges

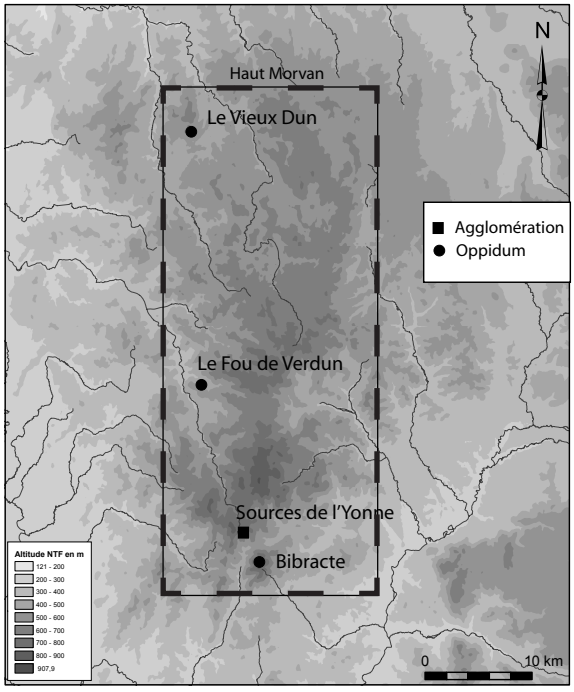
**L'âge du Fer, de 800 à 50 avant notre ère**

A l'échelle de l'Europe occidentale, le premier âge du Fer, ou Hallstatt, voit l'émergence d'une organisation sociale nouvelle, et la généralisation de l'utilisation de métallurgie du fer, qui donne son nom aux 7 siècles qui précèdent le changement d'ère. Les études actuelles insistent sur les modifications sociales qui interviennent à cette époque plus que sur l'aspect «  culture matérielle » que représente l'utilisation du fer (Brun et Ruby 2008). Des modifications d'ordre social et politique interviennent au cours du VII^e^ siècle avant notre ère, dont l'archéologie moderne tente de comprendre les mécanismes : évolutions locales, mouvements des peuples celtes, contacts avec le monde méditerranéen, impact de la péjoration climatique dite « de l'âge du Fer » (Buchsenschutz 2007, van Geel et Magny 2002). Ce sont surtout les tombes d'une riche élite qui sont le reflet d'une société plus hiérarchisée, tombes princières, ou tombes à char, des inhumations sous un tertre, ou tumulus, et dont l'exemple le plus célèbre est certainement celle de la « princesse » de Vix. En Morvan, aucun site d'habitat ou de sépulture que l'on puisse attribuer avec certitude au premier âge du Fer n'a encore été mis au jour, seuls quelques objets mobiliers évoquent la fréquentation de certains sites comme le Mont-Beuvray par exemple.

Pour la première partie du second âge du Fer, le début de La Tène, durant les IV^e^ et V^e^ siècles avant notre ère, les connaissances archéologiques en Morvan sont tout aussi lacunaires. C'est seulement à partir du II^e^ siècle avant notre ère que le Morvan fait réellement son apparition dans les ouvrages qui traitent de l'histoire de la Bourgogne (Collectif 2002), avec l'établissement de l'*oppidum* de Bibracte sur le Mont-Beuvray à 820 m d'altitude dans le haut Morvan. Cette vaste agglomération enceinte d'une double ligne de remparts datant des deux derniers siècles de notre ère, est un site important de l'Europe celtique. De part les liens privilégiés que les Eduens entretiennent avec la République romaine, il fait partie des sites de Gaule chevelue d'avant la conquête dont parlent les sources antiques (particulièrement, Strabon Géographie XIV, 3, 2, et surtout J. César dans les différents volumes de la Guerre des Gaules). Du point de vue de l'archéologie aussi, c'est un lieu privilégié pour « *évaluer en plan comme en stratigraphie l'évolution de la société celtique pendant tout le I^er^ siècle avant J.-C.* » (Buchsenschutz 2007). Tout d'abord, la conservation des vestiges est favorisée par l'absence d'occupation majeure au cours des 2 derniers millénaires (hormis un couvent du XIV^e^ siècle au XVII^e^ siècle, voir ci-dessous) ; d'autre part les contacts culturels et commerciaux avec le monde méditerranéen sont à l'origine d'un abondant

mobilier archéologique qui permet de confronter chronologiquement la culture matérielle celtique avec celle du monde gréco-romain (Collectif 2009, Goudineau et Peyre 1993). Après une première phase de fouilles au XIX$^{e}$ siècle (voir Introduction), ce site fait l'objet d'une intense activité de recherche depuis les années 80 dans le cadre du Centre Archéologique Européen du Mont-Beuvray. Ces investigations ont mis au jour des vestiges d'architecture typiquement celtiques comme le *Murus Gallicus* (photo 1.6.), fortification construite de pierre et de bois, typique de cette civilisation des *oppida*, décrite par Jules César (Fichtl 2005). A Bibracte, son extension maximale enserrait jusqu'à 200 ha de surface (Buchsenschutz *et al.* 1999). A l'intérieur de cette enceinte, on trouve des quartiers artisanaux qui montrent l'importance de la manufacture métallique (atelier de bronziers notamment) (Guichard *et al.* 2004, Guillaumet *et al.* 2002, Hamm 2005), mais aussi de riches quartiers d'habitation où l'organisation en plan, l'architecture des maisons et le mobilier archéologique, évoquent la romanisation précoce des élites éduennes qui y vécurent à la fin de l'âge du Fer (par exemple la célèbre *domus* PC1 du quartier du Parc aux Chevaux) (Barral *et al.* 1995, Collectif 2009, Goudineau et Peyre 1993, Meylan 2000).

Dans le Morvan, si Bibracte est incontestablement le site majeur, il est loin d'être isolé au sein du massif. Deux autres *oppida* au moins sont situés dans la zone étudiée : limite nord du Morvan des collines, l'*oppidum* du Vieux-Dun, sur la commune de Dun-les-Places (Lafontaine et Mismac 1993) et le fou de Verdun, sur la commune de Corancy, situé sur un petit col en limite occidentale du massif, sur le tracé de la voie qui traversait le Morvan d'est en ouest (Bigeard 1996) (carte 1.4.). Plus au sud, dans la vallée de l'Arroux, le Mont Dône et le Mont Dardon fouillés par une équipe américaine, poursuivent l'alignement nord-sud de ces sites fortifiés de hauteur (Crumley et Marquardt 1987). Enfin, récemment les travaux de prospection développant des méthodes originales adaptées au couvert végétal du Morvan principalement composé de prairies

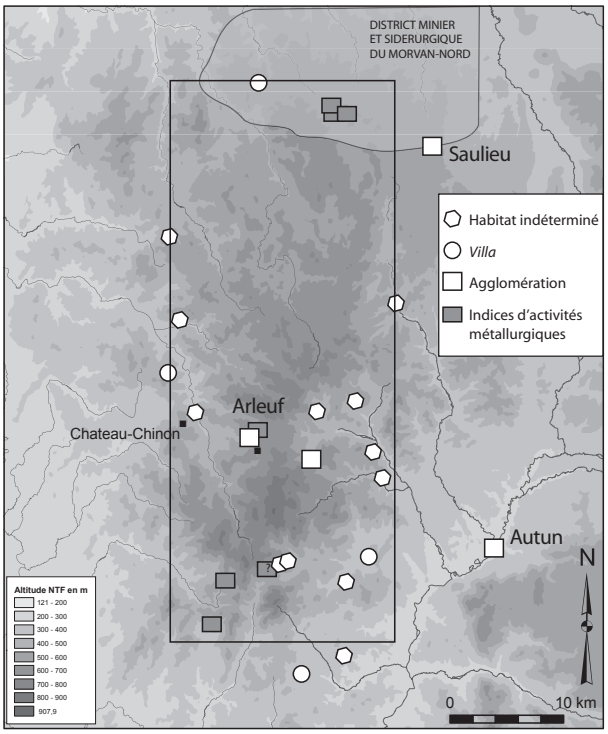



**Carte 1.4.** Principaux sites de la Tène finale dans le haut Morvan, II$^{e}$ et I$^{er}$ siècles avant notre ère

et de forêts (l'étude systématique des taupinières d'une part, et des chablis d'autre part) (Haupt *et al.* 2007), ont permis de démontrer l'existence d'une agglomération occupant une centaine d'hectares au niveau des Sources de l'Yonne (carte 1.4.). L'étude du site dans les années à venir devra permettre de mieux caractériser cette agglomération située à quelques kilomètres seulement de Bibracte, et dont l'occupation semble pour l'instant de courte durée (fin du Ier siècle avant notre ère) d'après l'étude du matériel issu des prospections.

**L'époque romaine de 50 avant notre ère à 500 de notre ère**

Après la défaite de la coalition gauloise menée par Vercingétorix à *Alesia* (Alise-Sainte-Reine) en Côte d'Or, Jules César va passer l'hiver -52/-51 à Bibracte où il achèvera la rédaction de la Guerre des Gaules (César *De Bello Gallico*). Malgré le ralliement des Eduens au soulèvement des peuples gaulois en fin de conflit, César aura rapidement des gestes d'apaisement vis-à-vis du puissant peuple dont il souhaite se rallier l'aristocratie et les Eduens recevront le statut de cité fédérée (*Civitas foederata*), statut privilégié qui leur permet de conserver ainsi une certaine autonomie et qui les exempte du versement d'un tribut à Rome. Toutefois, la cité n'échappe pas à la réorganisation administrative qui est opérée au cours de la seconde partie du Ier siècle avant notre ère. Celle-ci passe par une réorganisation du réseau des voies de communications menée par Agrippa, puis en 25 avant notre ère par la fondation d'un nouveau centre administratif fondé par Auguste, *Augustodunum*, ville actuelle d'Autun (photo 1.7). Progressivement, l'attractivité du « nœud routier » centré sur Bibracte va se décaler dans la vallée de l'Arroux, au profit de celui centré sur la nouvelle ville gallo-romaine (Olivier 1983) ; et il en sera de même pour les activités administratives, commerciales, artisanales …et tout particulièrement l'artisanat métallurgique, comme en attestent à la fois les textes et les fouilles ar-




**Carte 1.5.** Principaux sites gallo-romains du haut Morvan, de la fin du Ier siècle avant notre ère au Ve siècle de notre ère

chéologiques menées à Bibracte et à Autun (Chardron-Picault et Pernot 1999). Des prospections ont aussi récemment mis au jour les vestiges d'exploitations minières par la force hydraulique, probablement de l'étain, au début de l'Empire à proximité d'Autun (Tamas et Cauuet 2004).

La période de transition entre l'occupation de l'*oppidum* et celle de la fondation de la nouvelle cité augustéenne s'effectuera sur quelques années, voire quelques dizaines d'années. 40 ans après sa fondation, en 21 ap. J.-C. la description de Tacite (Annales, III, 43) présente *Augustodunum* comme une capitale de cité et un centre culturel déjà important, et Pomponius Mela la mentionne parmi les villes les plus prospères de Gaule au milieu du Ier siècle de notre ère (Pomponius Mela, III, 2, 20). *Augustodunum*, centre de formation de la jeunesse aristocratique gauloise, dans les fameuses écoles méniennes, connaîtra un rayonnement intellectuel important dans les Trois Gaules au cours des 4 premiers siècles de notre ère.

L'histoire du Morvan est alors à nouveau marginalisée, elle entre dans l'ombre de celle de la



**Photo 1.6.** Reconstitution du *Murus Gallicus* à la Porte du Rebout sur le Mont-Beuvray. © Bibracte A. Maillier



**Photo 1.7.** Vestiges du rempart de la ville romaine à Autun. © Bibracte A. Maillier

nouvelle et florissante cité d'Autun. Et ce sont sur ces marges que vont se développer les agglomérations d'*Aquae Nisinei* à l'ouest (Saint-Honoré-les-Bains, Nièvre), d'*Abalo* au Nord (Avallon, Yonne), ou encore *Sidoloco* à l'est (Saulieu, Saône-et-Loire). Au nord du massif, sur le site des sources salées de Saint-Père-sous-Vézelay un sanctuaire important est installé au Ier siècle de notre ère, et il sera réaménagé au cours des IIIe et IVe siècles (Guyard *et al.* 2004). Malgré tout, les données archéologiques montrent que le massif du Morvan est toujours occupé (carte 1.5.). Tout d'abord pour des motifs religieux, comme à Bibracte, ou aux sources de l'Yonne où deux temples (*fana*) sont fréquentés jusqu'au IVe siècle de notre ère. Une agglomération se structure sur la commune d'Arleuf (Olivier 1983, Mangin 1994), au hameau des Bardiaux, dans une

petite cuvette au cœur du massif. Située au carrefour entre la voie qui reliait Bibracte à Alésia (Alise-Sainte-Reine) et un axe encore plus important, celui qui reliait *Augustodunum* (Autun) à *Genabum* (Orléans), l'agglomération constituait très probablement une étape dans la traversée du massif. Arleuf est aujourd'hui encore sur les voies principales qui traversent le Morvan du Nord au Sud et d'Est en Ouest. En plus des structures d'habitats, des ateliers de métallurgie, l'existence d'un petit théâtre toujours visible aujourd'hui en fait un lieu centralisateur culturel de l'époque gallo-romaine en Morvan. Plus récemment, toujours sur l'axe de communication Est-Ouest, à quelques kilomètres à l'est d'Arleuf, les travaux de prospection récents ont mis au jour une autre agglomération sur la commune d'Arbonne (Nouvel 2008). D'autres sites d'habitats aux vestiges plus où moins bien identifiés se répartissent sur le massif. L'inventaire global publié est ancien (Olivier 1983) et les fouilles souvent le fait d'amateurs locaux. Les plus grands complexes de type *villae*, sont plutôt répartis en périphérie du massif, comme le fait remarquer l'auteur qui souligne « *la disposition périphérique des sites d'exploitation, incluant, le plus souvent, en toute direction, le piémont du massif où s'étaient accumulées les terres arables charriées par le ruissellement des pentes* ». Les notices communales des volumes de la collection Carte Archéologique de la Gaule, pour la Nièvre, la Saône-et-Loire et l'Yonne, montrent la présence d'indices de sites gallo-romains répartis un peu partout sur le Morvan (Bigeard 1996, Delor 2002, Rebourg 1994), même si les indices d'occupation sont particulièrement absents du secteur du Morvan des collines (voir carte 1.5.). Mais l'ancienneté des sources, principalement issues de prospections et de fouilles réalisées par des amateurs locaux, rend difficile la caractérisation exacte de cette occupation. Enfin, notons qu'une petite partie nord-orientale du massif est incluse dans un secteur minier qui a fait l'objet d'études approfondies dans les années 1990 (Leroy *et al.* 2000, Mangin et Keesmann 1992). Le district minier du Morvan-Auxois était un centre de production et de transformation du fer qui concerne une région comprise entre Saulieu et Auxerre, dans lequel ont été repérés des mines, des vestiges de réduction et de transformation du minerai, mais aussi des villages de mineurs directement connectés à ces structures (carte 1.5.).

Les données archéologiques sur l'Antiquité tardive en Morvan ne sont guère nombreuses, peut-être à cause de l'intérêt moindre des amateurs locaux pour cette période, mais aussi et surtout, certainement à cause d'un problème de reconnaissance du mobilier céramique, dont la caractérisation commence seulement à se mettre en place. Toutefois, les troubles et les mutations

profondes qui touchent les Gaules de la fin du III^e^ siècle au V^e^ siècle sont relatés, pour Autun et le territoire des Eduens, par plusieurs sources antiques. S'appuyant sur ces sources et sur les données archéologiques disponibles, M. Kasprzyk dans sa thèse réussit à dégager un portrait des effets des profondes mutations qui se succèdent dans la cité des Eduens durant l'Antiquité tardive (de 260 à 530 environ) (Kasprzyk 2005). Le recueil des Panégyriques Latins, qui rassemble un ensemble de discours prononcés entre la fin du III^e^ siècle et le début du IV^e^ devant l'Empereur ou l'un de ses représentants par un personnage délégué pour représenter sa cité, représente une source particulièrement riche pour cette époque (1952) ; (L'Huillier 1992). Parmi les douze textes qui sont parvenus jusqu'à nous, cinq ont été prononcés par des orateurs éduens et ils nous renseignent sur les événements historiques qui affectèrent le territoire éduen : l'invasion des Alamans en 259, puis, dix ans plus tard, le siège d'*Augustodunum* par l'Empereur gaulois *Victorinus*, et les conséquences néfastes de ces événements sur la cité. Les panégyristes décrivent l'état de désolation dans lequel est laissée la ville : interruption des activités universitaires, expulsion des grandes familles de l'aristocratie éduenne, affaiblissement des remparts et destruction des édifices publics. Le panégyriste des Remerciements à Constantin, en 312, offre aussi une description désolée des campagnes du territoire éduen (dont le Morvan ?). Deux écueils rendent délicate l'exploitation de ces écrits pourtant si séduisants : la localisation exacte des descriptions des campagnes et le caractère politique du discours. L'orateur doit à la fois argumenter ses demandes, et valoriser les largesses de l'Empereur envers la cité (Demougeot 1985). Toutefois, ces sources nous apprennent aussi que des mesures ont été prises en faveur de la cité éduenne, comme l'installation d'artisans bretons dans la ville et de populations « barbares » dans les campagnes ou encore avec des avantages fiscaux accordés par l'Empereur Constantin. Les textes ne donnent ensuite aucune indication pour savoir si les effets bénéfiques ont été à la hauteur des efforts consentis par les Empereurs du bas Empire. Mais des mutations sont sensibles dans la ville, se traduisant par la réduction de la surface occupée dans une enceinte plus restreinte (Kasprzyk 2005, Rebourg 1985) et dans les campagnes où la trame de l'occupation du sol montre aussi une réduction progressive du nombre d'établissements (Kasprzyk 2005, Nouvel 2004).

Enfin, dans le cadre des programmes de recherche du Centre Archéologique Européen du Mont-Beuvray, plusieurs équipes se sont associées autour d'une problématique d'archéologie spatiale dont l'objectif est « *d'appréhender les modalités de l'occupation du territoire* » et de mieux

saisir l'impact du développement et de l'abandon de l'*oppidum* de Bibracte sur les réseaux de peuplement locaux (Nouvel 2008). Un réexamen précis de toute la documentation ancienne et des prospections sur le territoire des communes du haut Morvan, commencent à renouveler considérablement les schémas d'évolution du peuplement de la région, depuis la fin de la Protohistoire jusqu'à l'époque médiévale.

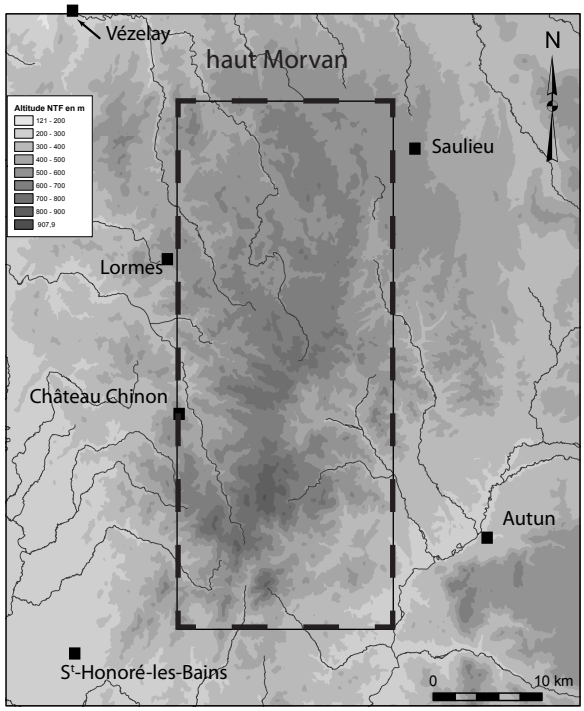
**Le Moyen Âge**, de la fin du V^e^ siècle au XV^e^ siècle.

Les publications qui concernent le Morvan au Moyen Âge sont encore plus rares que pour les périodes précédentes. L'archéologie médiévale, qui est une discipline assez récente, a permis de faire d'immenses progrès en matière d'histoire rurale dans de nombreuses régions de France (Burnouf 2008, Catteddu 2008). Mais les investigations, presque exclusivement menées dans le cadre de l'archéologie préventive, ne concernent pas le massif du Morvan. La consultation directe des archives n'était pas envisageable dans le cadre de ce travail et très peu sont finalement publiées. C'est donc dans le cadre global de l'histoire de la Bourgogne que celle du Morvan doit le plus souvent être envisagée. La région du Morvan semble se tenir en dehors des courants d'invasion du V^e^ siècle, qui touchent principalement les villes. La région morvandelle fut tout d'abord incluse dans le vaste royaume de Burgondie de 460 jusqu'à 534, date à laquelle les fils de Clovis s'emparèrent d'Autun. Le site archéologique le plus important de l'époque mérovingienne est localisé dans le nord du Morvan, il s'agit du cimetière mérovingien de Quarré-les-Tombes. Plusieurs centaines de sarcophages y ont été retrouvés, une partie d'entre eux est encore disposée tout autour de l'église depuis la fin du XIX^e^ siècle. Ils proviennent d'un sanctuaire, situé à proximité de vestiges gallo-romains (Nouvel 2002), qui date de la fin du VII^e^ et du début du VIII^e^ siècle.

Au temps de la Bourgogne franque du IX^e^ siècle, le Morvan est inclus dans le *pagus* de l'Autunois. C'est une période durant laquelle se mêlent encore intimement les cultures gallo-romaines, burgondes et franques.

Au cours du Moyen Âge, de hauts lieux de la chrétienté se développent dans la périphérie du massif : Vézelay où Saint Bernard prêchera la seconde croisade au milieu du XII^e^ siècle, Autun et Saulieu qui conservent encore aujourd'hui d'importants vestiges de l'architecture romane… (carte 1.6). Dans l'espace intra-morvandiau, la christianisation semble avoir été plutôt tardive

et chaotique. La première mention du nom « Morvan » date du V[e] siècle, la vie de Saint Eptade, prêtre d'Autun, évoque la création d'un ermitage dans les *deserta morvinni*. La survivance de cultes issus du paganisme antérieur est illustrée par l'abondance des sources et fontaines sacrées dans le Morvan. La chapelle Saint-Martin édifiée sur le Mont-Beuvray dans l'enceinte de l'ancienne Bibracte, sur les lieux d'un fanum gallo-romain en est un bon exemple, de même que la christianisation de la fontaine Saint-Pierre (Barral et Richard 2009). Plus tard, un couvent de l'ordre de Cordeliers sera fondé au cours du XIV[e] siècle, au lieu dit évocateur *la Pâture du Couvent* sur le Mont-Beuvray. A l'instar de l'*oppidum*, il a fait l'objet de fouilles archéologiques qui ont révélé une occupation jusqu'au XVIII[e] siècle, avec de nombreux remaniements et destructions (Beck 1993). Le site de l'ancien *oppidum* éduen conserve un aspect attractif, avec l'instauration de foires à partir du XII[e] siècle dont la tradition perdurera jusqu'à la période contemporaine.




**Carte 1.6.** Principaux centres administratifs et religieux de la région du Morvan du Moyen Âge à nos jours

Durant les XIV[e] et XV[e] siècles, une administration créée par le pouvoir ducal, la gruerie, avait en charge la gestion des eaux et forêts du duché de Bourgogne. Une partie des comptes qui ont pu être conservés concernent l'Autunois et une partie des forêts du sud et sud-est du massif du Morvan (communes de Glux-en-Glenne, Roussillon-en-Morvan, La Petite-Verrière) (Beck 2008). Ces textes montrent toute l'attention portée à une meilleure exploitation possible des ressources forestières pour le bois d'œuvre, le bois de chauffe, et pour l'exploitation pastorale, avec la concurrence que cette dernière représente vis-à-vis de l'exploitation cynégétique. Ces archives offrent l'image d'un couvert forestier où coexistent des essences diversifiées et dans lequel les officiers de la gruerie tentent de limiter les usages qu'ils jugent abusifs de la part des communautés villageoises, notamment concernant le pastoralisme forestier et le ramassage de bois.

A partir du XIVe siècle, le Morvan, comme l'ensemble du territoire français, est concerné par les troubles qui découlent de la guerre de Cent Ans (1337-1453), opposant rois de France et d'Angleterre. Ces troubles militaires sont associés aux épidémies de peste qui touchent la Bourgogne à partir de 1348 en remontant l'axe Saône-Rhône.

**Les époques moderne et contemporaine**, du XVIe siècle au début du XXIe

A la fin du XVe siècle, en 1479, le duché de Bourgogne devient définitivement français. La gestion du territoire entre dans le cadre de l'administration royale, notamment en ce qui concerne son immense ressource forestière. Et c'est l'exploitation de cette ressource qui va profondément marquer l'activité économique du massif du Morvan à partir du siècle suivant, avec le flottage du bois à destination de Paris (Benoit *et al.* 2004, Guillot-Chêne 1979, Rezé 2002, Vigreux 1994). Dès le début du XVIe siècle, la question de l'approvisionnement en bois de la capitale devient cruciale. Les forêts les plus proches, comme celle de Normandie sont épuisées et la capitale en pleine expansion doit trouver d'autres sources de bois de chauffe. Le Morvan devient alors une pièce maîtresse du système d'approvisionnement par voie d'eau qui est mis en place à cette époque. Il dispose de deux atouts majeurs pour cette activité : une ressource forestière importante d'une part, un réseau hydrographique dense qui alimente le bassin de la Seine assorti d'une pluviométrie importante, d'autre part. Cette situation allie la disponibilité de la matière première avec le moyen de transport par voie d'eau. A partir de la fin du XVIe siècle, les forêts du massif du Morvan vont donc approvisionner Paris en bois de chauffe pour plusieurs siècles. Les possesseurs de grands massifs forestiers, pour une grande part issus de la noblesse parisienne, mais aussi de l'aristocratie et de la noblesse locales, prennent conscience de l'enrichissement qu'ils peuvent tirer de cette activité (Vigreux 1994). L'activité de flottage aura deux impacts environnementaux majeurs : l'aménagement du réseau hydrographique et le recul des terres cultivées à la faveur du couvert forestier. La technique du flottage « à bûches perdues » est employée au cours des 4 siècles que durera l'activité et deux cours d'eau principaux et leurs affluents vont alors être aménagés à cet effet : l'Yonne et la Cure. Ces aménagements étaient destinés à améliorer l'accessibilité des ruisseaux et rivières, notamment avec la création de « ports », lieux où étaient rassemblés les bois destinés au flottage (photo 1.8.). Mais ils ont aussi consisté à mettre en place des retenues d'eau pour grossir artificiellement le débit les jours de « flots », afin de créer une débâcle



**Photo 1.8.** «Port» sur les bords de l'Yonne - Début du XX[e] siècle

propre à emporter l'ensemble des bûches jetées dans les cours d'eau. Même si une grande partie des nombreux étangs du Morvan devait préexister au flottage, du milieu du XVI[e] jusqu'au XVIII[e] siècle, les archives mentionnent de nombreuses créations ainsi que des aménagements des structures antérieures (Benoit *et al.* 2004, Rezé 2002). Les bûches libres parcouraient ainsi le Morvan par voie d'eau vers le nord-ouest. Au port de Clamecy (Nièvre), elles étaient retirées de l'eau, triées et assemblées en « trains de bois » qui étaient ensuite acheminés vers Paris. Concernant le couvert végétal, la forêt est largement favorisée à partir du XVI[e] siècle par rapport aux terres cultivées morvandelles à faible valeur agronomique. Les défrichements à vocation agro-pastorale sont alors strictement limités. L'activité de flottage est prioritaire sur les autres activités traditionnelles comme par exemple celle des nombreux moulins installés de longue date sur les cours d'eau du Morvan, et qui doivent se plier à ses exigences en ouvrant le pertuis en périodes de flots (Landry 1995). La forêt est alors exploitée en taillis fureté, un tiers des rejets sur souche étant prélevé tous les dix ans (Vaucoulon et Chiffaut 2004), (Vigreux 1994). L'essence principalement concernée en Morvan est le hêtre (ou foyard), arbre emblématique du massif, mais on exploite aussi le chêne, notamment les pièces qui ne peuvent être utilisées en bois d'œuvre. Il est alors écorcé, l'écorce étant utilisée par ailleurs, pour la tannerie par exemple (Beck 1993, Bruley 1995). Localement, de façon plus marginale, le bouleau et le charme ont aussi été exploités pour le flottage (Vigreux 1994). Pour les populations d'agriculteurs du Morvan, privés d'une partie des terres cultivables, le flottage va fournir un revenu saisonnier substantiel. Pendant les mois d'hiver, les agriculteurs alors plus disponibles, fournissaient la main d'œuvre pour la coupe du bois et l'acheminement des bûches en bordure des cours d'eau, dans les « ports », dans l'attente du départ du flot au printemps. L'activité de flottage connaîtra son apogée au XVIII[e] siècle, une période durant laquelle le Morvan fournissait jusqu'à 300 000 stères de bois par an à Paris, soit la moitié de sa consommation (Vaucoulon et Chiffaut 2004, Vigreux 1994). Mais à partir du milieu du XIX[e] siècle, la concurrence du charbon de Lorraine, plus facile à stocker,

engage un processus de déclin inexorable. C'est en 1914 que le dernier train de bois quitte le Morvan pour Paris. L'arrêt de sa principale source de revenu laisse le Morvan exsangue. Le massif forestier est extrêmement dégradé par 4 siècles d'exploitation intensive. La surface de la forêt ne représente plus que 30% de la superficie totale. Les parcelles libérées sont à nouveau mises plus largement en culture. Les productions dominantes sont le seigle, utilisé pour la farine mais aussi pour la couverture traditionnelle des maisons rurales morvandelles, le sarrasin ou « blé noir », la pomme-de-terre, la châtaigne (Crosnier 1998, Vaucoulon et Chiffaut 2004). Cependant, la qualité très médiocre des sols ne permet pas, en ce qui concerne les céréales surtout, de dépasser le stade d'une agriculture de subsistance.

Au fur et mesure du déclin du flottage, les populations morvandelles vont donc développer des activités originales, représentant un revenu supplémentaire souvent indispensable ; des activités qui impliquèrent souvent une migration saisonnière d'une partie de la population. La première est la « galvache », c'est-à-dire le transport saisonnier de marchandises à l'aide d'une charrette tirée par des bœufs qui a concerné une partie de la population masculine : les galvachers du Morvan. Mais les femmes aussi ont largement participé à cet effort économique avec ce que l'on a appelé « l'industrie » des nourrices morvandelles, soit en accueillant sur place des enfants, soit, le plus souvent, en allant servir de riches familles parisiennes en laissant le soin de leur propre enfant à leur famille en Morvan. Enfin, au XIX$^{e}$ et dans la première moitié du XX$^{e}$ siècle, de nombreux orphelins de la capitale vont être placés dans des familles morvandelles, ce sont ceux que l'on nommera « les Petits-Paris » le plus célèbre d'entre eux étant l'écrivain J. Genet. Près de 50.000 enfants furent accueillis dans le Morvan de cette façon, par l'intermédiaire de bureaux de placement parisiens ou d'agences régionales comme celle de Château-Chinon, qui plaçait environ trois mille enfants par an (Collectif 1997).

La seconde moitié du XIX$^{e}$ siècle est une période durant laquelle les exploitations minières en Bourgogne sont florissantes[1]. Dans le sud du Morvan, les ressources polymétalliques présentes sous forme de chapeaux de fer, de plomb argentifère ou galène, de fluorine associée au porphyre, dont certaines avaient déjà fait l'objet d'extractions au cours d'époques antérieurs, sont alors plus largement exploitées[2]. Jusqu'au milieu du XX$^{e}$ siècle, c'est la fluorine qui représente la plus forte valeur économique. Elle est principalement extraite des carrières de l'Argentolle (commune

1 http://www.industrie-bourgogne.fr/184-la-bourgogne-une-region-miniere, consulté en octobre 2009
2 http://pagesperso-orange.fr/jacques.delfour/gitmin.htm, consulté en novembre 2009

de Saint-Prix -58, dans le haut Morvan montagnard), et dans les gisements de Voltenne situés à quelques kilomètres sur la commune de la Petite-Verrière (71). Le manganèse est exploité aux mines de la Boula, toujours sur la commune de Saint-Prix. A proximité, dans le bassin d'Autun, l'exploitation des schistes bitumineux débute à partir de 1838 et atteint son apogée dans les années 1860. Toutes les exploitations minières morvandelles, d'envergure modeste, ne perdureront que rarement après la seconde guerre mondiale ; l'Argentolle sera la dernière à fermer à la fin des années 80.

Suite à la Première puis à la Seconde guerre mondiale, l'exode rural touche durement la région qui va se dépeupler de façon drastique. A partir des années 50, la polyculture traditionnelle est alors complètement abandonnée au profit d'un élevage extensif de vaches charolaises. La forêt extrêmement dégradée par les années d'exploitation pour le flottage va peu à peu changer de physionomie : les résineux, pins douglas et épicéas, sont largement utilisés pour le reboisement. Dès la seconde moitié du XIX$^{e}$ siècle au moins, des plantations de résineux sont testées dans le Morvan, comme en attestent des archives privées à la Petite-Verrière (Seguin 1988) par exemple, mais c'est surtout à partir des années 60 que l'enrésinement touche l'ensemble du massif. Le pin Douglas, originaire d'Amérique du Nord, de croissance rapide et bien adapté aux conditions édaphiques et climatiques morvandelles, est introduit avec succès (Zakin *et al.* 2007). Ce sont principalement ces deux activités : élevage bovin et l'exploitation forestière qui marquent le paysage actuel du Morvan (Collectif 1997, Vaucoulon et Chiffaut 2004, PNR Morvan 2009), et qui constituent aussi les activités économiques exercées par la majeure partie de la population morvandelle active. L'élevage concerne exclusivement la race charolaise introduite sur le massif au début du XX$^{e}$ siècle, et il s'agit avant tout d'un élevage allaitant, qui produit des veaux « maigres » qui seront exportés en France et en Europe pour y être engraissés (photo 1.9). Quelques rares parcelles sont encore cultivées en céréales pour le fourrage.

En 1970 un Parc Naturel Régional est créé ; ses missions sont déclinées dans une charte dont la dernière version peut être consultée sur son site internet (Collectif 2007). Parmi ces différentes missions, le PNR travaille à l'aide au développement de la sylviculture afin de préserver la qualité paysagère du Morvan dont la forêt représente un fort caractère identitaire (Zakin *et al.* 2007), mais aussi pour dynamiser le potentiel économique qu'elle représente. Les orientations sont les suivantes : limiter les parcelles monospécifiques, notamment de résineux, promouvoir la régéné-

ration spontanée du pin Douglas, revaloriser la culture du châtaignier notamment pour son bois. A côté de l'exploitation des futaies, un panel d'activités annexes s'est développé depuis le début du XX$^{e}$ siècle, comme la production de Sapins de Noël (photo 1.10.). Cette culture, introduite dans les années 1910-1920, bénéficie aujourd'hui d'un cadre d'exploitation plus rigoureux et le Morvan est la première région productrice de France avec ¼ de la production nationale, soit 1 million de sapins vendus chaque année. Depuis 1983, la production de plantes médicinales cultivées (bardane, valériane, lamier blanc …) ou issues de la cueillette (millepertuis, reine des prés, épilobe…) (Fédoroff *et al.* 1999, PNR Morvan 2009) s'est organisée autour d'une coopérative qui les commercialise pour l'essentiel auprès de l'industrie pharmaceutique. A défaut de pouvoir produire en quantité, le choix d'une agriculture de qualité, labellisée « Agriculture Biologique » est souvent fait par les producteurs, comme c'est le cas aussi pour la production de miel, de fromage de chèvres, viandes ovines et bovines... Ils y sont encouragés par la politique du PNR qui a créé un label PNR Morvan. Aujourd'hui encore, il n'est pas rare que les exploitants morvandiaux cumulent deux ou même plusieurs de ces activités que nous venons d'énumérer, comme ils semblent l'avoir fait de longue date au moins depuis l'époque du flottage. Il faut aussi noter que le Morvan est surtout producteur de matières premières et les industries de transformation sont quasiment inexistantes. Le faible nombre d'entreprises qui sont installées sur le massif concerne principalement des petites unités artisanales n'employant que quelques personnes.

Depuis plus de vingt ans, le tourisme se développe autour d'activités de loisir concentrées autour des lacs artificiels (lac de Chaumeçon, réservoir de Pannecière-Chaumard, lac des Settons et de Saint-Agnan…), ou bien en valorisant le patrimoine naturel comme à la Maison du Parc à Saint-Brisson dans le Morvan des collines, et le patrimoine archéologique avec le musée de la civilisation celtique et le site de Bibracte dans le haut Morvan. Toutefois, la faible densité de sa population et son vieillissement important sont autant d'entraves au développement socio-économique du Morvan.

Comme nous le faisions remarquer en introduction, le massif du Morvan, offre l'image d'une petite région naturelle en marge du développement socio-économique actuel. On peut souligner le peu de contacts avec les régions de plaines voisines, et déjà à la fin des années 60, la géographe J. Bonnamour faisait le constat d'un Morvan « *mal-aimé* » de ses voisins du « *bas-*

*pays* », un « *pays maudit* » dont il ne vient « *ni bon vent, ni bonne gens* » (Bonnamour 1966). En revanche il semble avoir un lien privilégié avec la capitale depuis le XVI^e^ siècle, lien économique d'abord, plus touristique et de loisirs aujourd'hui. Enfin, l'histoire des dynamiques d'occupations dans la longue durée montre la juxtaposition de temps forts dans l'histoire du Morvan, comme l'occupation de Bibracte à la fin de l'âge du Fer et le flottage aux XVIII^e^ et XIX^e^ siècles, au côté de pans entiers qui restent dans l'ombre.



**Photo 1.9** Pâtures du haut Morvan



**Photo 1.10** Plantation de sapins de Noël

## 1.2 LES ANALYSES PALÉOENVIRONNEMENTALES : PROSPECTIONS ET STRATÉGIES DE CAROTTAGE

Pour apporter la contribution des archives naturelles à l'histoire du couvert végétal le premier travail à réaliser est d'obtenir les séquences favorables à l'analyse pollinique des sédiments. Les spores, émises par les mousses et fougères, et les grains de pollen produits par les plantes à fleurs, ne se conservent dans le temps que sous certaines conditions. Leur enveloppe extérieure, l'exine, est extrêmement résistante dès lors qu'elle n'est pas soumise à l'oxydation. Ce sont donc les contextes sédimentaires humides, organiques et anaérobies qui sont les plus à même d'offrir les conditions optimales de conservation. Les tourbières et les lacs sont particulièrement propices aux études paléoenvironnementales, car en plus des critères énoncés ci-dessus, la formation de la tourbe comme celle des sédiments lacustres permet de piéger et conserver les grains de pollen et spores apportés au cours du temps, de façon continue, en stratigraphie (sur les principes de l'étude des spores et grains de pollen des sédiments, se reporter aux ouvrages de références que sont : Feagri et Iversen 1989, Lézine 2008, Moore *et al.* 1991, Pons 1970, Renault-Miskovsky et Petzold 1989, Richard 1999).

Du fait de l'absence de lacs naturels en Morvan, les investigations ont principalement porté sur des zones tourbeuses et des tourbières qui sont dans le Morvan des formations de taille modeste, tourbières de pente et de fond de vallon. Celles-ci ont été identifiées et localisées en grande partie grâce aux contacts établis avec les organismes de gestion et de conservation des espaces naturels : Parc Naturel Régional du Morvan, Conservatoire botanique du Bassin parisien et Conservatoire des Sites Naturels Bourguignons. Plusieurs d'entre elles, les plus remarquables d'un point de vue de l'écologie actuelle, ont fait l'objet d'inventaires floristiques, de rapports de plan de gestion… (Agou 1997, Agou 1998a, Agou 1998b, Agou *et al.* 1997, Deleporte 1996, Marchadier *et al.* 1997). La surface relativement restreinte que couvre la zone d'étude du haut Morvan (25 km d'Est en Ouest et 60 km du Nord au Sud environ, soit 1500 km$^2$), nous a amené à explorer les potentialités de l'intégralité des zones humides présentant un remplissage sédimentaire susceptible d'avoir conservé les archives paléobotaniques dans la longue durée.

Le travail de terrain a été réalisé au cours de plusieurs années, toujours dans le cadre d'une semaine de stage organisée au Centre Archéologique Européen du Mont-Beuvray, à destination des étudiants du Master II Pro Archéosciences de l'Université de Bourgogne (ex-DESS Archéosciences - direction Ch. Petit). De 2000 à 2007, nous y avons dirigé un atelier sur les méthodes de prospection et de carottage en tourbières et autres zones humides pour l'obtention de séquences destinées aux analyses paléoenvironnementales. Les résultats des investigations réalisées à cette occasion ont été consignés chaque année dans des rapports de stages des étudiants d'une part, dans les rapports d'activités annuels du Centre Archéologique Européen du Mont-Beuvray d'autre part (Jouffroy-Bapicot 2004, Jouffroy-Bapicot et Forel 2005, Jouffroy-Bapicot et Petit 2007, Jouffroy-Bapicot et Petit 2008, Petit *et al.* 2003, Petit *et al.* 2001, Petit et Jouffroy-Bapicot 2002, Petit *et al.* 2006). Les séquences analysées dans le cadre ce travail ont été prélevées à cette occasion, à l'exception de celle de Nataloup dans le Morvan des collines. Après de premiers tests effectués dans le cadre du master Pro, la carotte sur laquelle nous avons finalement travaillé a été réalisée lors de la phase de terrain du programme de l'ACI TEPANEO (voir Introduction et chap. 2.2.4).

Deux autres types de structures ont aussi été prospectés : le fond d'un étang et deux remplissages de structures interprétées comme le résultat d'exploitations minières à ciel ouvert. En 2002 nous avons profité de la vidange de l'étang du Taureau à Saint-Brisson pour procéder à un forage dans une zone exondée, proche de la digue. Cet étang de 13 ha, l'un des plus grands du Morvan, est situé sur un petit cours d'eau en amont du bassin versant de la Cure. Il a été utilisé à partir du XVI$^{e}$ siècle pour le flottage du bois de chauffe. Nous y avons prélevé une séquence d'un mètre, constituée de sédiment argilo-silteux de plus en organique en profondeur. Une datation $^{14}$C par AMS a été réalisée sur sédiment total entre 97 et 95 centimètres de profondeur : 1175±45 BP soit [722-980] cal BC. Ce résultat montre que l'origine de cette structure est bien antérieure à celle que l'on attribue le plus souvent aux étangs du Morvan, à partir du XVI$^{e}$ siècle. Toutefois, la chronologie de cet enregistrement n'a pas motivé l'introduction de cette séquence dans notre travail de thèse plutôt axé sur l'analyse de séquences de longue durée, ou de séquences documentant au moins les deux derniers millénaires.

De plus, en relation avec la problématique de l'histoire de la métallurgie préindustrielle dans le Morvan, qui représentait un volet important du programme « Paléoenvironnement du Mont-

Beuvray » (voir Introduction et chap. 1.2.4.2.), deux grandes tranchées, interprétées comme le résultat d'exploitations minières à ciel ouvert ont été prospectées et forées : le Canal du Touron (Arleuf, Nièvre) et la Loutière (Ouroux-en-Morvan, Nièvre).

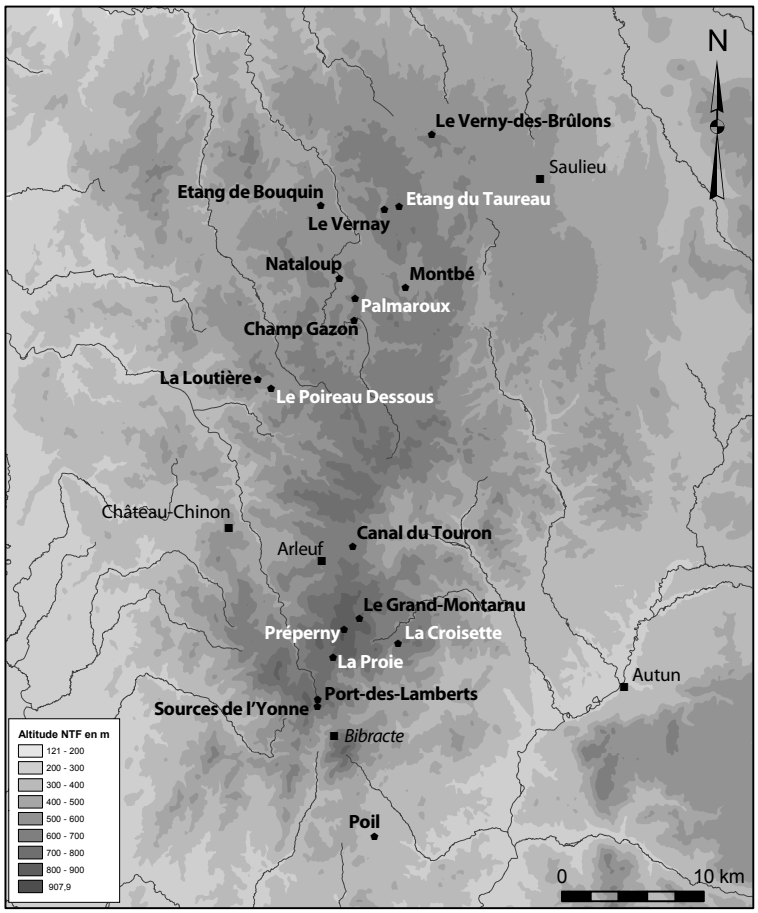
En tout, ce sont dix-huit sites qui ont ainsi été prospectés (voir carte et tableau 1.1. et carte 1.7.). Les tourbières et les formations paratourbeuses ont toutes fait l'objet d'un protocole d'in-

| Nom du site | Commune | Dép. | Altitude | Nature | Année | Prof. | Séquence |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Port-des-Lamberts | Glux-en-Glenne | 58 | 710 m | Tourbière | 2000 | 210 cm | 200 cm |
| Sources de l'Yonne | Glux-en-Glenne | 58 | 740 m | Tourbière | 2004 | 150 cm | 130 cm |
| Le Grand-Montarnu | Arleuf/Roussillon-en-M. | 58/71 | 770 m | Tourbière | 2003 | 100 cm | 97 cm |
| Poil | Poil | 58 | 420 m | Bas marais | 2006 | 180 cm | 176 cm |
| Montbé | Gouloux | 58 | 562 m | Tourbière | 2006 | 200 cm | 183 cm |
| Le Vernay | Saint-Brisson | 58 | 590 m | Tourbière | 2002 | 210 cm | 192 cm |
| Champ-Gazon | Montsauche-les-Settons | 58 | 585 m | Tourbière | 2002 | 400 m | 389 cm |
| Nataloup | Montsauche-les-Settons | 58 | 515 m | Tourbière | 2005 | 200 cm | 200 cm |
| Etang Bouquin | Dun-les-Places | 58 | 540 m | Tourbière | 2003 | 200 cm | 140 cm |
| Le Verny-des-Brûlons | Saint-Agnan | 58 | 565 m | Tourbière | 2003 | 160 cm | 145 cm |
| Préperny | Arleuf | 58 | 815 m | Tourbière | 2001 | 100 cm | non |
| La Proie | Saint-Prix | 58 | 770 m | Tourbière | 2003 | 50 cm | non |
| La Croisette | Roussillon-en-Morvan | 71 | 610 m | Tourbière | 2001 | 80 cm | non |
| Le Poirot-Dessous | Ouroux-en-Morvan | 58 | 560 m | Bas marais | 2004 | 50 cm | non |
| Palmaroux | Montsauche-les-Settons | 58 | 553 m | Bas marais | 2003 | 40 cm | non |
| Etang du Taureau | Saint-Brisson | 58 | 600 m | Etang | 2002 | 100 cm | non |
| La Loutière | Ouroux-en-Morvan | 58 | 580 m? | Minière | 2004 | | 150 cm |
| Canal du Touron | Arleuf | 58 | 640 m | Minière | 2001 | | 192 cm |

**Tableau 1.1.** Listes des sites prospectés (en grisé, ceux qui n'ont pas fait l'objet d'analyses).

vestigation identique qui visait à circonscrire la zone tourbeuse dans un premier temps, puis à repérer au pénétromètre les lieux où l'accumulation sédimentaire était la plus importante dans un second temps. Les profondeurs de remplissage les plus importantes ont en général été localisées dans des secteurs bombés, des secteurs qui présentent une emprise spatiale restreinte et une végétation caractéristique des tourbières évoluées, dominée par la callune. Les tourbières du Morvan présentent une faible puissance de remplissage, les profondeurs moyennes oscillant entre 1,30 mètre et 2 mètres. Seule exception : la plus longue séquence du Morvan, à Champ Gazon (Montsauche-les-Settons, Nièvre), où l'on a pu repérer des profondeurs de 4 mètres au pénétromètre et où une carotte de 3,88 mètres a été analysée. Les tourbières dans lesquelles nous n'avons pas pu

identifier des profondeurs de remplissage supérieures à un mètre n'ont pas été analysées, les enregistrements devant y être trop récents ou trop fragmentaires pour répondre à la problématique de relation homme-milieu dans la longue durée que nous nous étions fixée, à la fois dans le programme de l'Environnement du Mont-Beuvray et dans le présent travail de thèse. Une exception a été faite avec la tourbière du Grand Montarnu où le maximum des profondeurs identifiées ne nous a pas permis de prélever une carotte supérieure à un mètre de longueur (97 cm). Toutefois, l'homogénéité du remplissage sédimentaire et l'absence de perturbation majeure connue à l'époque contemporaine nous ont amené à en tester les potentialités, puis à en réaliser l'analyse.




**Carte 1.7** Carte des sites prospectés (en blanc, ceux qui n'ont pas fait l'objet d'analyses).

Les tourbières du Morvan n'ont jamais fait l'objet d'exploitation de la tourbe, la ressource en bois du massif ayant probablement toujours suffi aux besoins des populations locales. En revanche, elles ont été exploitées et entretenues par fauchage et pâturage, des pratiques encore bien ancrées au XX$^{e}$ siècle et rapportées par la tradition orale (Crosnier 1998) et qui ont toujours cours dans des prairies paratourbeuses (comme à Montour par exemple, renseignement oral recueilli auprès du personnel du PNR du Morvan). On a aussi pu observer des pratiques mixtes de fauchage et de pâturage à Nataloup (commune de Montsauche dans le Morvan des collines) et aux Sources de l'Yonne (commune de Glux-en-Glenne dans le haut Morvan).

Les carottages ont tous été réalisés à la sonde russe (carottier de type GYK), en général à la main, à l'exception des séquences de Nataloup, du Canal du Touron et de la Loutière, où

l'intervention d'un forage mécanique avec l'APAGEO du laboratoire Chrono-environnement a été nécessaire (photo 1.12.). Finalement, les séquences issues de 10 tourbières et la carotte issue du Canal du Touron ont fait l'objet d'une analyse pollinique complète dont les résultats seront exposés en détail site par site au cours dans la partie 2 (voir carte 1.7. et tableau 1.1.). Suite aux premiers tests polliniques effectués sur la carotte de la Loutière (très mauvaise conservation des grains de pollen dans les niveaux les plus profonds et assemblages typiques du deuxième millénaire de notre ère), on a choisi de ne pas pousser plus avant l'étude de cette séquence dans le temps imparti pour la thèse. D'autant plus que l'analyse de la séquence du Canal du Touron avait montré la difficulté d'exploiter les résultats d'une série sédimentaire dont la fiabilité chronologique n'est possible qu'au prix d'un très grand nombre de datations radiocarbone (voir chap. 2.3.).

Les analyses polliniques des tourbières du Morvan ont été menées au sein de différents programmes pluridisciplinaires ; ceci a permis de bénéficier, pour certaines séquences, d'analyses supplémentaires qui mettent en jeu d'autres sciences du paléoenvironnement ou de l'archéologie. Le protocole des analyses qui ont été effectuées sur plusieurs séquences, comme les datations radiocarbone, les modèles d'âges, les analyses géochimiques, sera exposé ci-dessous, chap. 1.3.4. Lorsque des protocoles particuliers n'ont visé que l'une ou l'autre des carottes – comme l'analyse du signal incendie à Nataloup par exemple – le lecteur en trouvera la description dans la partie 2, au cours du chapitre dédié au site concerné.



**Photo 1.11.** La Loutière.



**Photo 1.12.** Forage mécanique à Nataloup.

# 1.3 LES MÉTHODES D'ANALYSE

## 1.3.1 L'analyse pollinique

L'échantillonnage sur les carottes prélevées a été réalisé en général tous les 4 cm. Pour répondre à des conditions particulières de séquences très compactées, la maille a pu être resserrée à 2 voire 1 cm.

Les préparations chimiques ont été réalisées au laboratoire selon les protocoles en cours dans l'unité Chrono-écologie, puis Chrono-environnement, d'après la méthode Frenzel exposée par exemple dans (Moore *et al.* 1991). Ce protocole physico-chimique vise à isoler le contenu sporopollinique de la gangue sédimentaire, minérale et organique, qui l'entoure.

Protocole simplifié d'après le document interne réalisé par J. Didier (laboratoire Chrono-environnement) :

1- Attaque de la matière organique

*hydroxyde de sodium NaOH (10%)*

2- Décarbonatation

*acide chlorhydrique HCl (10%)*

3- Destruction de la matière siliceuse

*acide fluoridrique HF (40%) à froid*

4- Séparation densimétrique

*But : séparer, par densimétrie, le pollen du sédiment non détruit dans les étapes précédentes, réservé aux sédiments argileux (rarement utilisé sur les séquences du Morvan ; échantillons principalement tourbeux dans lesquels la fraction argileuse ou silteuse est faible voire absente)*

5- Elimination de la matière organique et coloration des grains de pollen

*par acétolyse*

6- Filtration

*But : Eliminer toutes les particules supérieures à 200 µm.*

Enfin, les culots obtenus sont conservés dans l'eau glycérinée, dans un tube Eppendorf. Montés entre lames et lamelles, les échantillons ont été analysés au microscope optique. Un minimum de 500 grains de pollen de plantes terrestres par échantillon a été compté en excluant systématiquement les taxons dominants pouvant entraîner une surreprésentation d'espèces inféodées à la zone humide, principalement l'aulne (*Alnus*) et les Cypéracées (voir ci-dessous chap. 1.2.5.). Un balayage complet de chaque lame a été systématique réalisé, afin d'optimiser les chances de repérer les taxons rares (pollen issu de faibles pollinisateurs ou de taxon peu représentés dans l'échantillon analysé).

**Reconnaissance des taxons polliniques et terminologie employée**

La reconnaissance des taxons polliniques a été faite à l'aide de clés, de catalogues de photographies : (Beug 2004, Moore *et al.* 1991, Feagri et Iversen 1989, Reille 1999), les différents volumes de *The Northwest European Pollen Flora,* et de la collection de référence du laboratoire Chrono-environnement.

La dénomination des taxons est basée pour la majeure partie d'entre eux, sur le manuel de taxonomie et de détermination pollinique de Beug (Beug 2004). Toutefois, dans certains cas une dénomination propre à cette étude a été utilisée, pour diverses raisons ; soit qu'une détermination aussi poussée que celle proposée par l'auteur n'a pas été possible ou souhaitée, soit qu'un nom d'espèce ait été préféré à celui proposé par Beug, car plus en accord avec l'écologie végétale régionale ou la période concernée.

Les dénominations propres aux analyses polliniques du Morvan présentées dans ce travail sont énumérées ci-dessous :

**Famille pollinique**

**Asteroideae** : composées liguliflores (grains de pollen tricolporés, exine echinée), à l'exception d'*Artemisia*, *Ambrosia*-type, *Carduus*-type et *Centaurea*

**Cichorioideae** : composées tubuliflores (grains de pollen fenestrés)

**Taxon pollinique**

***Ambrosia*-type** : préféré à *Xanthium spinosium*-type. Ce type pollinique, rencontré dans les échantillons de surface et sub-surface ; sa présence est liée à l'introduction et à l'extension récente de l'ambroisie (*Ambrosia artemisiifolia*) en France.

**Carduus-type** : comprend aussi *Cirsium*

***Narcissus pseudonarcissus*-type** : plutôt que *Convallaria*-type. La jonquille étant naturellement présente dans une grande partie des tourbières du Morvan, la présence de son pollen est beaucoup plus probable que celle du muguet, espèce peu répandue dans le Morvan (Bardet *et al.* 2008).

***Phyteuma*-type** : plus large que le groupe de Beug, il comprend aussi *Jasione*-type et *Lagousia*.

***Scrophularia*-type** : plus large que le groupe de Beug, il comprend aussi *Verbascum*-type et *Digitalis*

Certains taxons, dont la détermination a été plus précise au comptage, ont souvent été regroupés au rang de la famille lors du traçage du diagramme afin d'alléger la représentation. C'est le cas par exemple pour les Caryophyllacées : les différents types polliniques de cette famille n'étant souvent représentés que par une ou deux occurrences par diagramme.

**Remarque à propos de l'indentification de certains taxons et à leur interprétation en terme de couvert végétal, dans le cadre précis de l'étude**

***Filipendula* :** les grains de pollen sont identifiés sous le terme générique *Filipendula*, mais interprétés comme témoins de la présence de la reine-des-prés (*Filipendula ulmaria*). La filipendule spirée (*Filipendula vulgaris*), dont le grain de pollen est identique, qui est une calcicole, n'a jamais été observée dans le Morvan granitique (Bardet *et al.* 2008, Robbe 1993).

***Melampyrum*** : si le taxon pollinique regroupe au moins 7 espèces (Beug 2004) seules deux d'entre elles figurent dans les inventaires floristiques actuels du Morvan *Melampyrum arvense* et *Melampyrum pratense* (Robbe 1993, Bardet *et al.* 2008). La première est extrêmement rare, présente seulement dans des formations végétales qui se situent en marge de la partie montagnarde du Morvan concernée par les analyses polliniques que nous avons réalisées. En partant du postulat que la flore de la seconde moitié de l'Holocène est comparable à l'actuelle, l'identification de pollen de type *Melampyrum* sera donc considérée comme marqueur de la présence du mélampyre des prés (*Melampyrum pratense*), espèce largement répandue sur le massif et que l'écologie actuelle place comme indicateur d'éclaircissement de la forêt (Bardet *et al.* 2008) – sur l'utilisation de *Melampyrum* comme indicateur pollinique d'anthropisation voir 3ème partie, chap. 3.3.1.

**Les Indices Polliniques d'Anthropisation (IPA)**

La perception de l'évolution de l'impact des sociétés humaines sur le couvert végétal dans l'analyse des diagrammes polliniques passe par l'interprétation de variations spécifiques de certains taxons. En premier lieu, la diminution du rapport du pollen d'arbres sur la somme totale de grains comptés (rapport PA/T) constitue un marqueur d'ouverture du milieu qui peut être mis en relation avec des défrichements anthropiques. Toutefois, des causes naturelles peuvent aussi occasionner une signature pollinique similaire : évolution de la zone de dépôt, incendies accidentels, tempêtes… Ainsi, même s'il a été démontré que dans certaines conditions les variations de la représentation pollinique d'essences spécifiques d'arbres et d'arbustes pouvaient se révéler de bons indicateurs de phases d'exploitation ou de reconquête du couvert forestier (Bégeot 1998, Richard 1995, Sarmaja-Korjonen 2003), les variations du pollen d'herbacées sont essentielles dans la détermination des impacts d'anthropiques. Hormis l'augmentation générale du pollen des herbacées en relation avec la baisse des grains de pollen d'arbres, l'identification de transformations du couvert végétal liées à l'action de l'Homme s'appuie en grande partie sur la reconnaissance dans les spectres polliniques de taxons dont la présence est liée aux activités agropastorales. Ces taxons sont divisés en deux catégories : les **anthropochores** et les **apophytes**. Les espèces dites **anthropochores** sont celles qui ont été introduites par l'Homme, soit intentionnellement comme les plantes cultivées, soit accidentellement comme certaines plantes messicoles ou adventices des cultures. Les rythmes d'introduction en Franche-Comté de ces différents taxons ont récemment été étudiés par C. Brun (2007), qui distingue les Archéophytes introduites avant le XV$^{e}$ siècle de notre ère, des Néophytes, introduites après le XV$^{e}$ siècle, qui dans les deux cas se reproduisent spontanément sans intervention humaine. Les **apophytes** sont des espèces autochtones dont la croissance va être favorisée par l'activité humaine, grâce à l'ouverture du milieu pour les espèces héliophiles et prairiales, au piétinement et à la présence de décombres pour les rudérales, ou encore à l'enrichissement en nitrate causés par les dépotoirs et la présence des animaux pour les nitrophiles. L'ensemble de ces marqueurs a fait l'objet d'une première classification dans les années 80 (Behre 1981, Behre 1986) et la liste d'IPA publiée alors a longtemps fait autorité, représentant l'outil principal des pollenanalystes pour déterminer les phases d'anthropisation du couvert végétal. Toutefois, les études récentes s'attachent à aller plus

loin que l'identification de phases d'emprises/déprises agro-pastorales, notamment pour associer des assemblages et variations polliniques aux pratiques agraires des sociétés humaines dont les empreintes se succèdent. Dans ce sens, différentes régions de France, principalement en moyenne montagne, ont bénéficié de la constitution de référentiels basés sur l'étude de la relation actuelle entre la végétation et la pluie pollinique afin de déterminer des marqueurs polliniques spécifiques des milieux anthropisés dans un contexte donné. Ces études ont été principalement conduites lors de travaux de thèse, sur le plateau de Millevaches à l'ouest du Massif-Central (Miras 2004), le massif du Champsaur dans les Alpes (Court-Picon 2007), dans les Pyrénées et le Jura (Mazier 2006, Mazier *et al.* 2006). Elles ont conduit leur auteur à déterminer des marqueurs spécifiques à une aire géographique donnée, mais aussi avec la volonté de les associer à des pratiques agro-pastorales.

Pour établir les diagrammes polliniques complets de chacun des sites (2ème partie), nous avons utilisé les indices d'anthropisation traditionnellement employés depuis les années 80, ceux que nous désignons sous le vocable d'indices « classiques » d'anthropisation. Lors de l'établissement des diagrammes spécifiques d'anthropisation, une nouvelle sélection d'IPA, argumentée, propre aux assemblages des tourbières du Morvan sera proposée (voir chap. 3.3.1.).

**Indentification des grains de pollen de céréales et de Cannabacées**

**Le pollen de céréales**

La distinction entre un grain de pollen de graminée sauvage et de graminée céréalière se fait principalement sur des critères de tailles. En effet la morphologie pollinique des grains de pollen est identique dans les deux cas : un grain de pollen rond, monoporé. Dans le cas des céréales, les tailles respectives du grain et du pore sont en général supérieures à celles des graminées sauvages. Toutefois, l'attribution sur caractéristiques biométriques d'un grain de pollen de graminées au groupe *Cerealia*-type ou Poacées, reste sujette à caution. Ces dernières années, plusieurs études se sont attachées à affiner la distinction du pollen de céréales de celui des graminées sauvages, tout en tentant de séparer les différents genres de céréales : blé, orge, avoine, seigle. Par exemple, les classifications de Andersen (1979) et Küster (1988) ont fait l'objet de tests statistiques dans (Tweddle *et al.* 2005), des analyses réalisées sur les grains de pollen de grande taille (> 37µ) issus d'un ensemble de spectres fossiles. Une autre approche récemment publiée a été motivée par la

présence en secteur atlantique (littoral armoricain) d'espèces de graminées qui produisent des grains de pollen de grande dimension, qui recoupent en parties celles atteintes par les grains de pollen de céréales de type blé, orge ou avoine (Joly *et al.* 2007). L'analyse statistique des caractéristiques biométriques a été appliquée sur un panel de 300 grains de pollen de graminées, pour 39 échantillons d'espèces sauvages mais seulement 4 espèces de céréales cultivées. Les résultats obtenus ont conduit les auteurs à proposer une limite très haute pour une attribution sûre d'un grain de pollen à une céréale, avec un diamètre d'au moins 47 µ pour la taille du grain et de 11 µ pour celui du pore. Les auteurs n'ont pas retenu les caractéristiques de l'exine comme un critère de distinction (un critère qui nécessite une bonne conservation de grains de pollen pour pouvoir s'exercer), toutefois, ils signalent une réaction à la coloration beaucoup plus marquée pour l'ensemble des grains de pollen de graminées cultivées. Les caractéristiques morphologiques de l'exine sont en général prises en compte par les autres auteurs, celle-ci étant plus ornementée pour les grains de pollen de céréale, avec la présence de ponctuations plus au moins marquées (Andersen 1979, Beug 2004, Tweddle *et al.* 2005). Les critères uniquement biométriques choisis par Joly *et al.* (2007) permettent donc de réduire au maximum le risque de classer un grain de pollen de graminées sauvages parmi les céréales, mais il est extrêmement restrictif, et à l'inverse, place à coup sur bon nombre de grains de pollen de céréales de type *Hordeum* ou *Triticum* dans les grains de pollen de graminées sauvages. Une sélection drastique qui finalement représente un frein pour l'identification des cultures de céréales les plus anciennes, les premières graminées domestiquées et cultivées au début de la période néolithique, *Triticum monoccocum, T. dicoccum* ou *Hordeum* (e.g. Rösch 1998) ayant des grains de pollen de taille bien souvent inférieure à 47 µ.

Dans le travail de thèse présenté ici, l'identification a aussi pris en compte la **texture de l'exine**, la conservation du matériel sporopollinique étant en général très bonne, de même que **la taille et la morphologie du pore et de l'annulus**. Ainsi, sur les séquences du Morvan, ont été identifiés comme grains de pollen *Cerealia*-type ceux qui avaient un **diamètre supérieur à 37 µ associé à un pore supérieur ou égal à 10 µ**. Cette limite basse dans la taille du diamètre, proposée par Beug 2004, est aussi celle choisie par Tweddle *et al.* (2005). Bien sur, l'analyse prendra en compte le fait que le groupe des grains compris entre 37 et 42 µ (voire jusqu'à 47 µ), peut aussi comprendre du pollen de graminées sauvages dont les genres *Glyceria*, *Bromus*, *Agropyron*, par exemple, qui sont naturellement présents dans les assemblages floristiques des zones humides du

Morvan. Par ailleurs, pour les grains inférieurs à 47 µ, la taille et la protubérance du pore, ainsi que la texture de l'exine ont été soigneusement examinées pour affecter le grain de pollen au type *Cerealia*.



**Photo 1.13.** Grain de pollen *Cerealia*-type - 50 µ environ

Même si l'ensemble des diamètres des grains et des pores ont été mesurés lors du comptage, comme nous n'avons pas procédé à une analyse fine de la micro-sculpture de l'exine, à contraste de phase, nous n'avons pas estimé pouvoir raisonnablement dégager de façon sûre les différents groupes proposés par Beug 2004 : *Triticum*-type, *Hordeum*-type, *Avena*-type, qui sont ici regroupés sous le terme *Cerealia*-type (photo 1.13.). Seul est individualisé le pollen de seigle *Secale* dont la forme du grain, aplati en zone polaire, et le pore décentré permettent une détermination à l'espèce plus sûre que celle des autres céréales (photo 1.14.). Pour les périodes les plus récentes, la distinction du pollen de maïs (*Zea mays*) est évidente, car il atteint des dimensions beaucoup plus importantes (plus de 70 µ pour le diamètre du grain et plus de 15 µ pour le pore).



**Photo 1.14.** Grain de pollen de seigle *Secale* - 60 µ environ

**Le pollen de Cannabacées**

La détermination des grains de pollen de Cannabacées au rang de l'espèce reste une entreprise périlleuse malgré les études qui ont tenté de différencier celui du houblon (*Humulus lupulus*) de celui du chanvre (*Cannabis sativa*) d'après la taille du grain et la forme du pore : le grain de pollen de chanvre étant de taille supérieure et son pore plus protubérant (Beug 2004, Dörfler 1990, Whittington et Gordon 1987) (photo 1.15.). Toutefois, comme pour les graminées sauvages et les céréales, certaines tailles intermédiaires peuvent à la fois correspondre à l'une ou l'autre des deux espèces de cette famille. Lors de l'analyse pollinique des séquences issues des tourbières du Morvan, tous les grains de pollen de Cannabacées ont été mesurés : à quelques très rares exceptions, ils présentaient un diamètre supérieur à 28 µ, et un pore protubérant, ils sont donc plutôt attribuables au pollen de chanvre qu'au pollen de houblon. De plus, le houblon est extrêmement rare dans les cortèges floristiques actuels de la montagne morvandelle, il n'est actuellement observable que dans les alliances de saulaie (Salicion albae) en bordure du



**Photo 1.15.** Grain de pollen *Cannabis*-type 30 µ environ

massif (Bardet *et al.* 2008). La détermination d'un groupe *Cannabis*-type sur des critères de morphologie pollinique et d'écologie végétale tels que nous venons de les décrire, n'implique pas une identification formelle de la présence du chanvre (à l'instar du groupe *Cerealia*-type). Toutefois la courbe sera placée dans les herbacées et parmi les IPA sur les diagrammes polliniques complets et les diagrammes d'anthropisation.

### 1.3.2 Les microfossiles non polliniques ou palynomorphes (MNP)

Sur les lames destinées à l'identification et au comptage des grains de pollen et spores de fougères subsistent, parfois en grand nombre, des microfossiles variés. Ceux-ci, aussi appelés palynomophes ou Microfossiles Non Polliniques ***MNP*** (Non-Pollen Palynomorphs ***NPPs*** en anglais), sont composés en majeure partie de spores d'algues, d'ascospores de champignons, de cyanobactéries ou encore de thèques d'amibes ou de rotifères. Depuis les années 70, certaines catégories de ces microfossiles ont fait l'objet d'études spécifiques sur des séquences sédimentaires issues de lacs ou de tourbières, comme par exemple les champignons de la famille des Sordariaceae par Lundqvist en 1972. Mais l'étude fondamentale de la fin des années 70 est celle menée par Bas van Geel, basée sur l'analyse de micro- et macro-fossiles d'une tourbière holocène aux Pays-Bas (van Geel 1978). La publication de ce travail constitue le réel démarrage de la discipline avec l'établissement d'un référentiel constitué d'environ 70 spores fongiques, 25 restes de microfaune, quelques algues et une quinzaine de microfossiles non identifiés. Pour chaque taxon l'auteur fournit une identification (lorsqu'elle a été possible) et une description de son écologie ; et surtout il met en place une nomenclature qui fait aujourd'hui autorité et qui est couramment utilisée dans les publications. Le même auteur, dans le cadre de différentes collaborations, a complété cette liste depuis par des articles nombreux et réguliers (i.e. van Geel 2001, van Geel, 2006, van Geel *et al.* 1981, van Geel *et al.* 1989, van Geel *et al.* 1983). L'utilisation de ces marqueurs dans les analyses polliniques se généralise de façon progressive depuis cette période. Mais ce n'est qu'assez récemment que de plus en plus de palynologues prennent en compte de façon systématique la présence des microfossiles non polliniques dans les palynofaciès. Leur étude représente un apport d'informations supplémentaire précieux à l'interprétation des variations paléobotaniques illustrées par le diagramme pollinique, que ce soit pour comprendre les évolutions naturelles de

la zone humide d'où provient la séquence analysée, ou pour saisir l'impact des activités humaines sur l'environnement local. Une série d'exemples est publiée dans un numéro spécial de *Review of Palaeobotany and Palynology* en 2006 (N° 141) qui réunit les principales contributions d'une session spéciale *NPPs* à l'IPC de Grenade en Espagne en 2004.

Généralement, les analyses actuelles ne prennent en compte que les taxons reconnus par van Geel, et encore bien souvent seulement ceux pour lesquels les affinités écologiques sont le plus sûrement établies. Il n'y a que peu de publications qui proposent l'identification et la recherche de l'écologie de nouveaux marqueurs, telles que celles produites par exemple par J.-N.Haas en 1996, sur une famille de micro-organismes aquatiques, les Neorhabdocoela, ou par l'équipe de Greifswald en Allemagne qui étudie les assemblages spécifiques des aulnaies tourbeuses (Barthelmes *et al.* 2006, Prager *et al.* 2006).

Au cours des analyses polliniques réalisées sur les séquences du Morvan, nous avons principalement identifié et compté les types reconnus par van Geel, types pour lesquels les études dont la valeur indicatrice a pu être démontrée par cet auteur et d'autres. Les analyses polliniques se sont succédé sur plusieurs années, une période au cours de laquelle notre compétence dans la reconnaissance des MNP s'est enrichie, et l'analyse n'a pas été identique pour chacun des sites. Ainsi, les deux premières carottes analysées (Port-des-Lamberts et le Canal du Touron) n'ont pas fait l'objet de reconnaissance des MNP et, sur les séquences du Grand-Montarnu, du Vernay et du Verny-des-Brûlons, seuls les microfossiles identifiés ont été comptés. En revanche, dans l'analyse des six autres séquences, l'intégralité des microfossiles non polliniques a été dénombré, même les taxons non-identifiés (parfois très nombreux), et ils sont regroupés dans les diagrammes de MNP sous le terme « Indéterminés ». Ce groupe, composé en majorité de spores de champignons, illustre la richesse de chaque échantillon en MNP. Pour l'analyse des sites - et surtout pour les comparaisons entre sites - seuls les taxons dont l'écologie a été reconnue et publiée ont été utilisés. Ils peuvent être déclinés en trois grands groupes principaux : indicateurs des variations hydrologiques et trophiques de la zone de dépôt, indicateurs de la présence locale d'une plante ou d'un certain type de végétation, et marqueurs des activités anthropiques.

Les principaux taxons identifiés et utilisés sont regroupés dans un tableau présenté en annexe A.1., suivant la nomenclature établie par van Geel (1978), van Geel *et al.* (1981), van Geel *et al.* (1989), van Geel *et al.* (1983) : «T» suivi d'un numéro. Ce tableau comprend également le nom

de la famille, du genre et/ou de l'espèce lorsque celle-ci est connue, illustré d'une photographie et accompagné d'un commentaire synthétique sur les caractéristiques écologiques établies d'après différentes publications. Enfin, les principales références bibliographiques utilisées sont citées pour chaque taxon.

#### 1.3.2.1 Principaux taxons marqueurs des variations hydrologiques et trophiques de la zone de dépôt :

- les zygospores d'algues : algues coloniales (*Pediastrum*, *Botryococcus*…) et algues vertes, principalement des Zygnematacées : *Spirogyra* (T130), *Zygnema*-type (T62), *Mougeotia* (T61), et une Desmidée : *Euastrum* sp. (T332) ;

- tout un ensemble de micro-organismes, avec des protozoaires comme les thèques d'amibes *Assulina* (T32), *Amphitrema* (T31), *Arcella* (T352) ; ou des enveloppes de rotifères comme *Habrotrocha angusticolis* (T37) ; de la microfaune avec les Neorhabdocoela (T353), des petits crustacés, les Copépodes (T28), des microorganismes de la famille des Volvocaceae (T128) et d'autres microfossiles indéterminés comme T179 ;

- il faut aussi compter avec des spores de champignons, dont certains sont identifiés comme : *Didymosphaeria massarioides* (T85), cf. *Persiciospora* (T124). D'autres sont encore non-identifiés même si pour certains d'entre eux, on a remarqué certaines affinités écologiques : c'est le cas des types 8B, 13, 30, 65, 123, 200, 494 et 496.

**Indicateurs de la végétation sur ou à proximité de la zone humide :**

- ce sont tout d'abord les spores et/ou le mycélium de champignons parasites strictement inféodés à une espèce végétale et qui indiquent sa présence à l'échelle locale : T10 indéterminé pour *Calluna vulgaris*, T18 et *Anthostomella fuegiana* (T4) pour *Eriophorum vaginatum*, T27 pour *Sphagnum*, *Clasterosporium caricinum* (T126) pour les Carex, *Diporotheca rhizophila* (T143) ;

- ce groupe comporte aussi des parasites du bois, qui vont indiquer la proximité des bois en décomposition : *Byssothecium circinans* Fuckel (T16), *Ustulina deusta* (T44) Cf. *Brachysporium* sp. (T360).

**Indicateurs de la présence d'activités anthropiques proximales :**

Ce sont en grande partie des spores de champignons, principalement des ascomycètes

- marqueurs d'érosion : T207 *Glomus* cf. *fasciculatum* ;

- champignons saprophytes, plus ou moins strictement coprophiles et fimicoles qui vont se développer dans les déjections d'herbivores, *Pleospora* sp. (T3B), *Chaetomium* sp. (T7A), *Sordaria* sp. (T55A), *Cercophora* sp. (T112), *Sporormiella sp.* (T113), *Tripterospora*-type (T169), *Rhytidospora* cf. *tetraspora* (T171), *Podospora* (T368) ;

- certains d'entre eux sont aussi plus ou moins strictement carbonicoles *Gelinaspora* sp. (T1) et *Gelinaspora* cf. *reticulispora* (T2), *Coniochaeta xyloriispora* (T6), *Neurospora crassa* (T55C) et *Coniochaeta ligniaria* (T172).

### 1.3.2.2. Les microfossiles non polliniques coprophiles (dung-indicators)

Les MNP indicateurs de la présence humaine ont fait l'objet d'une attention particulière dans le cadre de cette thèse centrée sur les rapports homme/milieu, et plus spécifiquement, l'ensemble des MNP marqueurs du pastoralisme : les spores de champignons coprophiles. Ces sont des champignons auxquels la teneur en azote élevée des déjections d'herbivores va être particulièrement favorable et qui vont se succéder au cours de son évolution (Bell 1983). La succession des champignons se fait dans l'ordre suivant : zygomycètes, ascomycètes puis basidiomycètes (Gobat *et al.* 2003). Ainsi, l'apparition et l'augmentation d'un assemblage de champignons coprophiles, pour la majeure partie des ascomycètes, liées à la présence d'IPA et/ou d'une ouverture du milieu, permettent d'identifier la présence de bétail. Elles mettent en évidence l'existence d'activités pastorales, plus difficiles à identifier par le biais de l'analyse pollinique que les activités agricoles. En effet, l'ensemble des marqueurs polliniques du pastoralisme (Urticaceae, Chenopodiaceae, *Rumex*, *Plantago* sp...) sont plus globalement représentatifs de zones piétinées, perturbées et ou enrichies par la présence humaine, sans que ces perturbations soient forcément liées à la présence de bétail. De nombreuses études en contexte naturel ainsi que dans des sédiments archéologiques, menées en différents points du globe, ont montré la valeur indéniable de ces ascospores comme marqueurs de la présence de bétail, de la Préhistoire jusqu'aux périodes historiques (Argant et Lopez-Saez 2004, Berrio *et al.* 2006, Bos *et al.* 2005, Gauthier *et al.* in press, Graf et

Chmura 2006, Lopez-Saez 2005, Lopez-Saez *et al.* 2006, Lopez-Saez *et al.* 2001, Lopez-Saez et Lopez-Merino 2007, Lopez-Saez *et al.* 1998, Marinova et Atanassova 2006, Mazier *et al.* 2009, Miehe *et al.* 2009, Mighall *et al.* 2006, Riera *et al.* 2006, van der Linden et van Geel 2006, van Geel *et al.* 2003, Willemsen *et al.* 1996, Yeloff *et al.* 2007).

Toutefois, une grande partie de ces ascomycètes coprophiles et fimicoles n'est pas uniquement inféodée aux bouses d'herbivores, mais elle est plus largement liée à la décomposition de la matière organique, et particulièrement la matière organique ligneuse. Les champignons sont des acteurs essentiels de la décomposition du bois et, dans ce cortège, on trouve aussi des ascomycètes coprophiles comme par exemple ceux du genre *Chaetomium*, champignon « lignophage » de la pourriture blanche (Gobat *et al.* 2003). Enfin, un autre problème dans l'interprétation de ces MNP en terme de pastoralisme est la présence d'un cortège relativement identique de champignons coprophiles dans les excréments des herbivores sauvages (Richardson 2001). Il est donc difficile de discriminer avec certitude les traces laissées par un groupe d'animaux sauvages de celles laissées par un troupeau domestique. Toutefois, on peut imaginer que des groupes moins nombreux, avec une divagation plus libre, sont moins aptes à laisser une empreinte durable que la pression pastorale exercée sur le milieu par un troupeau domestique.

Un premier indice de la validité des assemblages de coprophiles comme indicateurs de la présence de bétail dans l'analyse pollinique spécifique des tourbières du Morvan, est la présence d'ascosopores de champignons coprophiles dans les échantillons de surface des tourbières pâturées aujourd'hui. C'est le cas à Nataloup (chap. 2.2.4.), une tourbière régulièrement pâturée (information orale de l'agriculteur propriétaire des terrains) ou encore aux Sources de l'Yonne où quelques vaches charolaises et leurs veaux paissaient de façon libre dans les prés où se situe la tourbière l'année où nous avons réalisé le forage (photo 1.16.) (Voir chap. 2.1.2.). A l'inverse, on n'en trouve quasiment aucun dans les tourbières situées dans des zones forestières, à distance des espaces pâturés, mais où le passage du gibier est favorisé par l'éloignement de l'habitat.

Ces questionnements sur la validité des ascopores de champignons coprophiles comme marqueurs de la présence de bétail, sur ou à proximité immédiate des tourbières analysées, nous a amené à procéder à quelques prélèvements d'échantillons actuels afin d'apporter des éléments supplémentaires à l'interprétation des marqueurs anciens. Il ne s'agit pas de l'élaboration d'un réel référentiel, mais plutôt de tests sur la présence/absence, l'abondance, la diversité taxonomi-

que des ascospores de champignons coprophiles (*Sporormiella* et *Podospora*) ou traditionnellement considérés comme indicateurs de fumier (en anglais *dung-indicators*), des espèces liées à la décomposition de la matière organique, mais qui sont aussi coprophiles et fimicoles, comme *Cercophora* et *Sordaria* sp., *Chaetomium*…).



**Photo 1.16.** Vaches charolaises aux Sources de l'Yonne (Glux-en-Glenne, Nièvre)

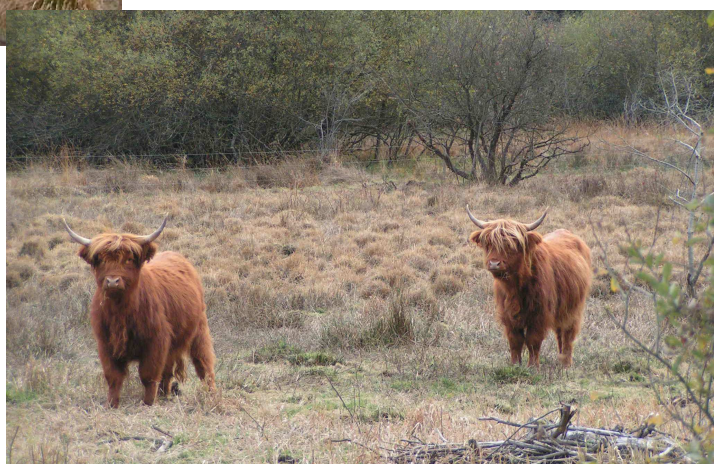


**Photo 1.17.** Vaches Highland Cattle à Montour (Dun-les-Places, Nièvre)

Deux types de prélèvements ont été effectués : sur les déjections elles-mêmes et sur des bryophytes non souillées prélevées en surface, à divers endroits du milieu pâturé. Les ascospores se trouvent directement dans les bouses mais leur mode de reproduction induit aussi leur présence dans l'environnement des déjections. Le passage dans le tube digestif des herbivores est indispensable à l'activation des spores dormantes. Les fructifications présentes sur les bouses sont donc pourvues d'organes catapulteurs leur permettant d'expulser les spores à distance ; celles-ci vont alors se coller à la végétation environnante. Ainsi, les spores que l'on retrouve dans les déjections sont celles qui sont déjà passées par le tube digestif de l'animal émetteur (Gobat *et al.* 2003). La distance de projection ne dépasse pas quelques mètres et la présence des ascospores est un bon indicateur de la présence locale des champignons.

Concernant les déjections animales, ont été analysées :

- Une bouse de vache charolaise en contexte de prairie sèche, analyse d'une déjection sèche
- Deux bouses de bovins de race Highland Cattle, situés dans la prairie paratourbeuse de Montour (Dun-les-Places, Nièvre) (photo 1.17.) [3].

L'opportunité d'analyser les déjections de ce petit cheptel géré par le PNR du Morvan offre trois avantages. Le premier est de pouvoir recueillir les déjections de bovins rustiques, reconnus pour être les plus proches génétiquement des plus anciennes races domestiquées. Le deuxième est lié au mode de traitement du cheptel, dont les conditions d'élevage sont celles requises par l'agriculture biologique, donc sans apport d'engrais dans les prairies, avec des animaux uniquement soignés par homéopathie, ce qui le place dans un mode de traitement traditionnel plus proche de celui appliqué par les sociétés anciennes que l'élevage de charolais couramment pratiqué dans le Morvan. Enfin, le troisième avantage réside dans la situation du troupeau maintenu en milieu humide paratourbeux, dans des conditions d'élevage extensif.

- Fumier de moutons ayant pâturés en pairie humide durant le printemps et l'été 2008, dans la région de Saint-Brisson. Le petit troupeau élevé par un particulier, toujours dans les conditions d'exigence de l'agriculture biologique. Toutefois, l'échantillon a été récolté dans un espace de stabulation. L'épidémie de fièvre catarrhale ovine (*bluetongue*) a sévi durement au cours l'été 2008 dans le Morvan, et le troupeau sur lequel nous devions intervenir pour prélever les déjections a dû être abattu avant l'automne.

Une approche complémentaire a consisté à prélever des bryophytes, dans différents secteurs de l'ensemble paratourbeux de Montour géré par le Parc Naturel Régional du Morvan. Les échantillons ont été sélectionnés selon un critère de proximité et d'éloignement par rapport aux déjections prélevées conjointement.

3 Les prélèvements ont été réalisés avec la collaboration d'I. Civette chargée de mission et responsable des espaces naturels remarquables et T. Cornut chargé de mission espaces naturels remarquables, responsable de la gestion du troupeau de Highland Cattle, qui nous ont donné les indications nécessaires sur l'histoire et le plan de gestion du site de Montour.
http://www.parcdumorvan.org/fr/Milieux_naturels/Montour/les_vaches_higland_cattle.php?rub=04&srub=07&ssrub=03&sssrub=&lg=fr)

**Liste des échantillons analysés :**

**D1** Déjection sèche de vache charolaise, troupeau en contexte de prairie sèche

**D2** Déjection de Highland Cattle relativement fraîche

**D3** Déjection de Highland Cattle datant d'environ 3 semaines et présentant des développements fongiques en surface

**F1** Fumier de mouton

**E1** Sphaignes et mousses prélevées dans une zone de la prairie de Montour régulièrement pâturée depuis 2005 et peu fréquentée en 2008, seulement en fin de saison. Aucune déjection n'était encore visible au moment des prélèvements dans un périmètre de quelques mètres aux alentours.

**E2** Mousses prélevées à proximité de D2, dans un périmètre d'environ 1 mètre de rayon.

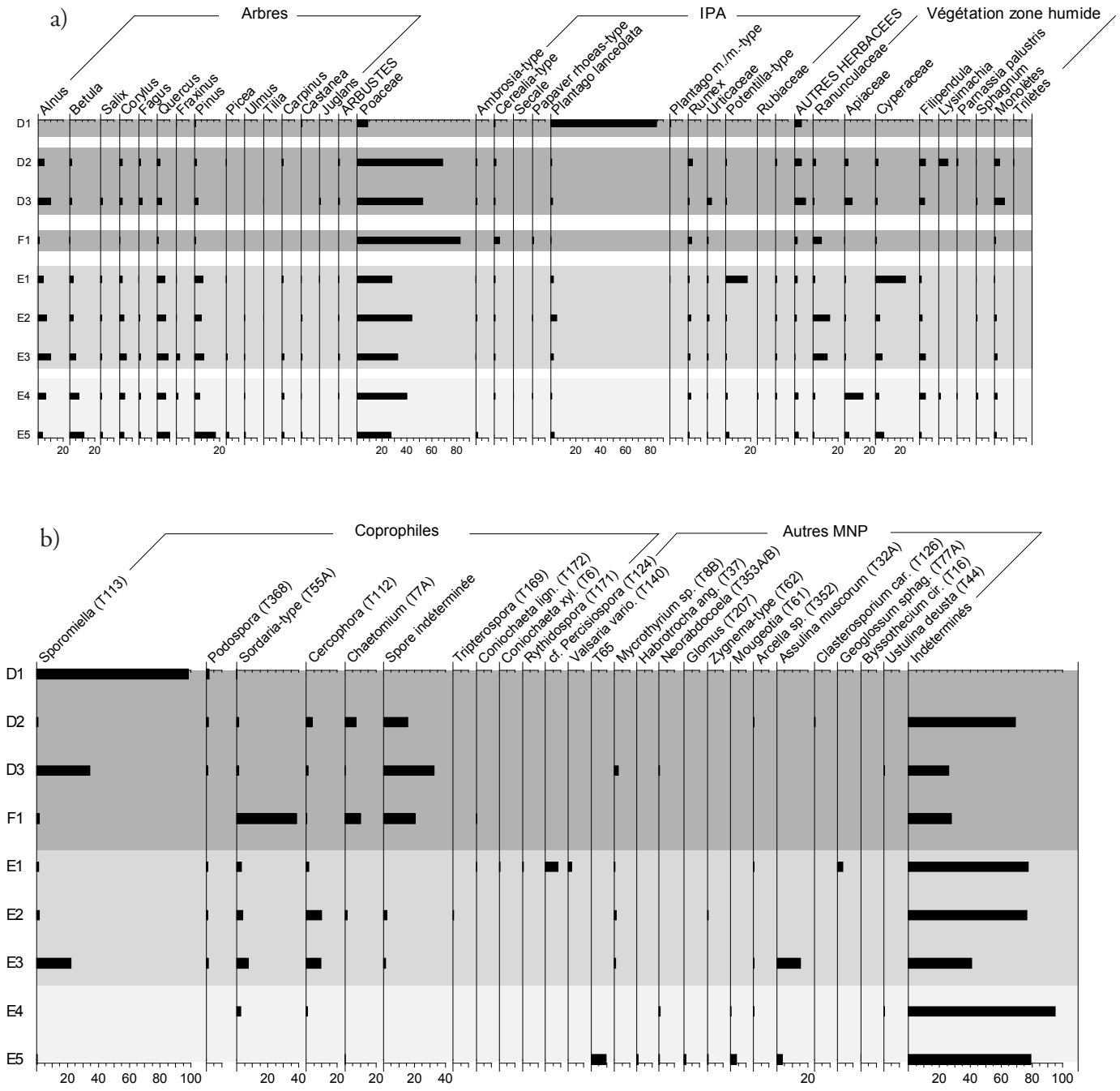
**E3** Mousses prélevées à proximité de D3, dans un périmètre d'environ 1 mètre de rayon.

**E4** Sphaignes prélevées dans la « Prairie des Bains », située à plusieurs centaines de mètres de la zone pâturée, dans une zone laissée en friche, envahie par la molinie

**E5** Sphaignes prélevées à une cinquantaine de mètres de l'échantillon E5, en s'éloignant de la zone pâturée, dans un secteur régulièrement fauché depuis plusieurs années

**Résultat des analyses : les données polliniques (fig. 1.3.a)**

Les assemblages polliniques des différents échantillons qui proviennent des prairies paratourbeuses de Montour sont très comparables. Ceci est particulièrement vrai pour ceux issus des bryophytes (E1 à E5), ce qui est relativement logique puisqu'ils proviennent tous du même milieu. Mais les deux échantillons prélevés dans les excréments (D2 et D3) présentent à peu près la même diversité, démontrant ainsi qu'ils contiennent le pollen et les spores ingérés par les animaux en même temps que les végétaux broutés localement sur la zone humide. Ce sont des assemblages qui ne sont pas seulement le reflet des plantes consommées par les vaches, mais représentent aussi de la végétation environnante, tant la strate herbacée que la strate arborée. Le prélèvement des échantillons ayant été réalisé en toute fin de saison pollinique (novembre 2008), il est probable que le contenu diversifié provienne de grains émis au cours de l'année, piégés et conservés dans les plantes consommées par le bétail. Ceci expliquerait la présence de pollen d'arbres qui ont plutôt une pollinisation printanière comme le noisetier, le bouleau ou l'aulne.




Légende des échantillons

| | |
|---|---|
| D1 | Déjection sèche de vache charolaise |
| D2 | Déjection de Highland Cattle relativement fraîche |
| D3 | Déjection de Highland Cattle datant d'environ 3 semaines |
| F1 | Fumier de mouton |
| E1 | Sphaignes et mousses pâturée jusqu'à l'été 2008 |
| E2 | Bryophytes prélevées à proximité de D2, dans un périmètre d'environ 1 mètre de rayon |
| E3 | Bryophytes prélevées à proximité de D3, dans un périmètre d'environ 1 mètre de rayon |
| E4 | Sphaignes prélevées à plusieurs centaines de mètres de la zone pâturée (friche) |
| E5 | Sphaignes prélevées à plusieurs centaines de mètres de la zone pâturée (secteur régulièrement fauché) |

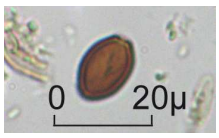



**Photo 1.18.**
Ascospore indéterminée

**Fig 1.3** Diagramme pollinique - en valeurs relatives par rapport à la somme totale des grains de pollen comptés. Diagramme des microfossiles non-polliniques - en valeurs relatives par rapport au nombre total des MNP comptés.

Les deux échantillons qui correspondent à la bouse de vache charolaise (D1) et au fumier de mouton (F1) sont en revanche beaucoup plus pauvres en diversité pollinique et sont quasiment dépourvus de taxons arboréens. Le plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*) domine très largement l'échantillon issu de la déjection sèche de charolaise (D1), accompagné de graminées sauvages et de prairiales, principalement des Fabacées et des Composées (des assemblages très comparables avaient pu être observés par H. Richard (1983) dans des déjections de moutons prélevées au mois de septembre dans le Jura). Ici, à la différence des déjections des prairies paratourbeuses, le pollen présent provient probablement en grande partie d'apports atmosphériques, le plantain, largement présent dans la pâture, était encore en fleur en septembre 2008 lors du prélèvement de la déjection. Mais ici, l'herbe consommée par le bétail n'a pas conservé de pollen émis plus tôt dans l'année, comme l'a fait la végétation de la zone humide dans laquelle pâturent les vaches Highland Cattle (déjection D2 et D3). Le fumier de mouton (F1), dominé par les graminées sauvages montre un peu plus de diversité : quelques grains de pollen d'arbres et surtout des herbacées plus variées avec notamment des grains de céréales (*Cerealia*-type) et de coquelicots (*Papaver rhoeas*-type) provenant probablement de la paille qui garnit l'espace de stabulation.

**Résultat des analyses : les assemblages de champignons coprophiles (fig. 1.3.b)**

A cause de la nature différente des échantillons analysés (déjections, mousses, fumier), les pourcentages de MNP sont calculés sur le nombre total d'individus comptés, et non pas en fonction de la somme pollinique comme c'est le cas dans les spectres fossiles. Le diagramme obtenu montre que les principaux coprophiles présents dans les excréments comme dans les bryophytes provenant de l'environnement direct, sont aussi ceux les plus fréquemment rencontrés dans les spectres fossiles : *Cercophora*, *Chaetomium*, *Podospora* et *Sordaria*-type et *Sporormiella*. La présence d'autres taxons : *Tripterospora*-type, *Coniochaeta xyloriispora* et *Coniochaeta ligniaria* et enfin *Rhytidospora* cf. *tetraspora* est plus anecdotique. Il faut aussi noter la présence d'une ascospore non-identifiée (photo 1.18.) qui est fortement représentée dans les déjections et le fumier des animaux élevés en zone humide. Elle ne semble pas encore avoir fait l'objet de publication en relation avec l'analyse de spectres fossiles.

Un enregistrement très différent caractérise la déjection de vache charolaise qui est marquée par une diversité pollinique et en microfossiles non-polliniques beaucoup plus faible (fig. 1.3.).

On remarque tout d'abord la prédominance très nette de *Sporormiella* qui est tout de même accompagnée d'une quantité de *Podospora* non négligeable, cette ascospore de beaucoup plus grande taille n'atteint jamais de forte concentration dans les assemblages fossiles, mais en revanche aucun autre taxon coprophile ou même d'autres MNP identifiés ou inconnus. Comme dans les assemblages polliniques dominés par le plantain lancéolé, on a ici la présence quasiment exclusive d'un taxon, *Sporormiella* pour lequel on a aussi pu remarquer la présence de sporophores (partie visible du champignon dans laquelle sont contenues les spores) sur les lames observées au microscope (photo 1.19.).

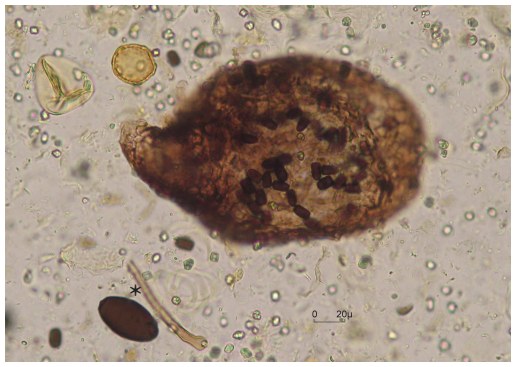


**Photo 1.19.** Sporophore et ascospores de *Sporormiella* et ascospore de *Podospora**

Dans l'échantillon de bryophytes, on remarque la bonne représentation de *Valsaria variospora*-type (T140). La valeur de ce champignon comme marqueur d'une eutrophisation du milieu en relation avec la présence de bétail avait déjà été signalée en d'autres lieux pour des périodes anciennes (Miehe *et al.* 2009, Ramezani *et al.* 2008). Le type 124, marqueur de milieu mésotrophe présente un comportement similaire à celui du type 140. Ces deux champignons se trouvent dans la zone la plus anciennement et la plus longuement pâturée (E1), ce qui tend à montrer qu'il faut un certain degré de pression pastorale pour qu'ils se développent. Un degré qui ne semble pas encore atteint dans la zone où le troupeau se situait au moment du prélèvement (absents dans les échantillons E2 et E3). Enfin, dans les deux échantillons de mousses prélevés à distance du bétail (E4 et E5), dans une zone non pâturée au moins depuis une cinquantaine d'années, les champignons coprophiles ont quasiment complètement disparu (fig. 1.3.).

Une représentation de type radar (fig. 1.4.) permet de comparer l'abondance des principaux coprophiles tout d'abord entre la déjection D2 et les bryophytes E2 d'une part (fig.1.4.a), la déjection D3 et les bryophytes E3 d'autre part (fig.1.4.b). Ces figures illustrent une évolution tranchée pour certains taxons entre les deux déjections : dans la bouse la plus fraîche, *Chaetomium* et *Cercophora* dominent l'assemblage, alors que dans la plus évoluée c'est *Sporormiella* qui est majoritaire. Les proportions de *Podospora* et *Sordaria*-type en revanche sont stables entre les deux échantillons, ce qui est aussi bien visible sur la figure 1.4c qui compare les trois déjections.

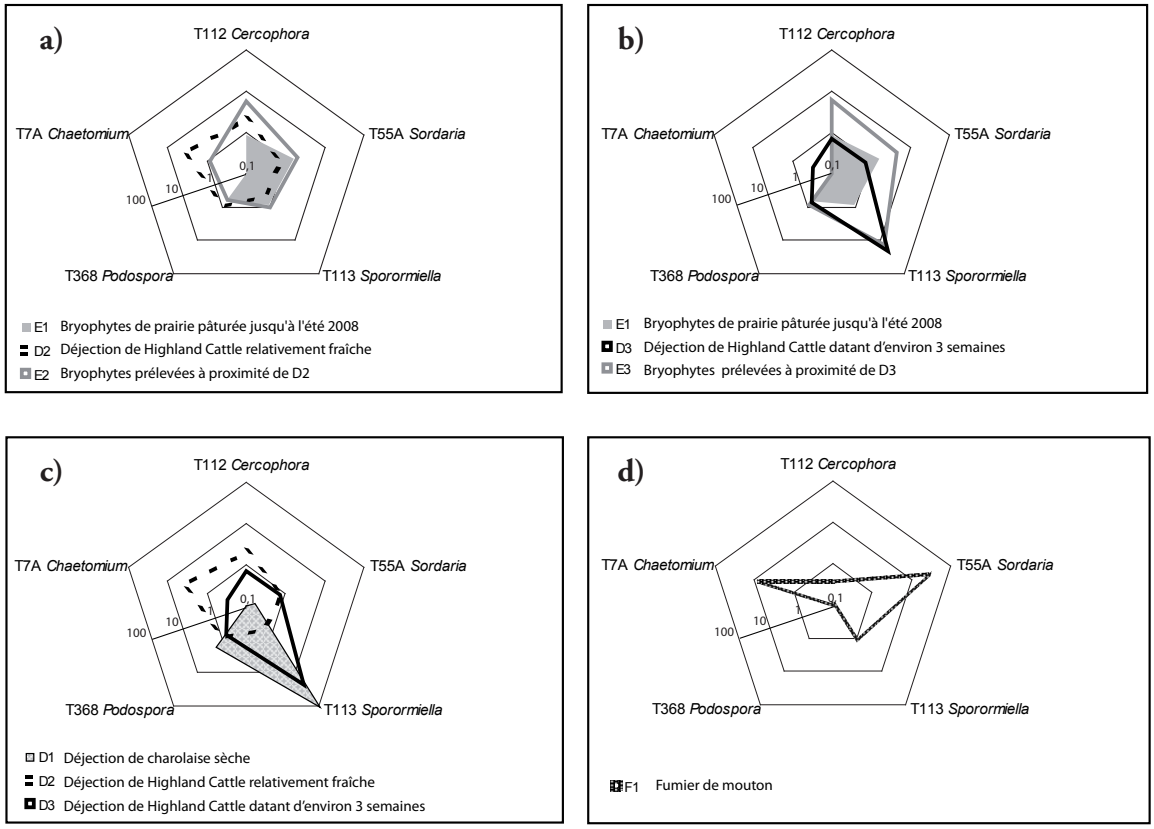



**Fig 1.4.** Représentation de type radar de la distribution relative des principaux ascomycètes coprophiles dans les échantillons actuels de bryophytes et de déjections animales (échelle logarythmique de base 10).

Les mêmes taxons sont présents dans les bouses et dans les mousses aux alentours, toutefois les proportions diffèrent. *Chaetomium* est sous-représenté dans les mousses dans les deux cas, et *Podospora* est en proportion identique à chaque fois dans les mousses comme dans les déjections. La particularité de *Sordaria*-type et de *Cercophora* est que ces ascospores sont présentes en plus grande quantité dans les échantillons de bryophytes situées à proximité des bouses que dans les excréments eux-mêmes ! Une situation peut-être due à l'éjection d'ascospores provenant de différentes d'autres déjections, plus lointaines et/ou plus anciennes ? Enfin, *Sporormiella* est plus présente dans le voisinage direct de la première bouse (E2) que sur la déjection elle-même (D2,) où elle montre des proportions modestes. Mais ensuite, ces ascospores sont en situation largement dominante dans la bouse la plus évoluée et dans des proportions identiques dans les bryophytes environnantes. Sur chacun des deux graphes a et b est aussi représenté l'échantillon E1. Il montre la permanence de la représentation des principaux champignons coprophiles, même s'ils sont en général en quantité plus modeste, un assemblage qui est hérité d'une situation de pâturage antérieure. Ici, c'est surtout la variété qui est remarquable. Seul *Chaetomium* tend à disparaître

complètement, il apparait comme le taxon qui a le comportement le plus spécifique, seulement présent dans la bouse fraîche et dans les mousses situées à proximité.

Le graphe c cumule les assemblages des différentes déjections de bovins, il est particulièrement marqué par la prédominance de *Sporormiella* dans les deux échantillons correspondant aux bouses les plus évoluées.

Le fumier de mouton (F1), figuré seul, est caractérisé par un assemblage assez différent en proportions, mais dans lequel on retrouve toujours les mêmes champignons coprophiles (fig. 1.4.d). On observe une composition bipolaire, entre *Sordaria*-type d'une part et *Chaetomium* d'autre part. La présence de ce champignon est aussi probablement favorisée par celle de la paille. L'échantillon F1 est le seul échantillon issu de déjections dont *Podospora* soit absent. Il reste néanmoins difficile d'exploiter plus avant ces résultats en raison du contexte différent de prélèvement et de l'absence d'étude de fumier de bovins.

En conclusion, on commencera par remarquer que cette rapide analyse de quelques déjections et bryophytes dans le contexte particulier des zones humides du Morvan, pose des questions auxquelles on ne peut répondre sans un jeu de données plus important, comme la question de la succession des ascomycètes, la spécificité des milieux, celle des animaux concernés... Elle ne fournit pas un nombre d'échantillons qui puisse être statistiquement exploitable. Toutefois, elle répond favorablement à la question initiale de la pertinence de l'utilisation des assemblages repérés dans les spectres fossiles, dominé par *Sordaria*-type, *Cercophora*, *Sporomiella* et *Chaetomium*. Leur présence combinée et/ou continue, confrontée à d'autres marqueurs polliniques, autorise à proposer l'existence de pratiques pastorales à proximité et même sur les zones humides utilisées, même pour des périodes très anciennes. Enfin, on rappellera que l'assemblage qui possède la plus grande variété, avec des quantités respectives qui restent modestes pour chaque taxon, est celui de l'échantillon E1, prélevé dans une zone de prairie paratourbeuse régulièrement pâturée depuis quelques années, mais où la présence de déjections n'était plus perceptible au moment de l'échantillonnage. Cette situation héritée actuelle offre la signature la plus proche de celle que l'on retrouve dans les spectres anciens, des spectres qui dans le contexte du Morvan où les séquences sont compactées (voir chap. 1.2.), correspondent à un signal qui cumule plusieurs dizaines d'années.

### 1.3.3. Traitement des données et présentation des résultats

L'analyse des échantillons prélevés sur les carottes sédimentaires du Morvan dans le cadre de cette thèse, a concerné les grains de pollen et les spores, les microfossiles non-polliniques et les micro-charbons. Ces derniers ont seulement fait l'objet d'une analyse semi-quantitative sur l'ensemble des séquences. En plus, à Nataloup, une analyse spécifique du signal incendie a été réalisée dans le cadre de l'ACI TEPANEO[4] (voir Introduction) et la méthode d'analyse spécifique est exposée dans le chapitre consacré à ce site (chap. 2.2.4.).

Le traitement des données et le traçage des diagrammes polliniques et diagrammes des microfossiles non-polliniques ont été réalisés avec les logiciels TILIA (version 2.0.b.4) et TG View (2.0.2 de 2004) (Grimm 1991-1993). Les résultats sont exprimés en valeurs relatives par rapport à une somme pollinique établie sur l'ensemble des plantes terrestres. Les microfossiles non polliniques sont exprimés en pourcentage par rapport à la somme pollinique et les micro-charbons sont représentés en termes d'absence/présence et abondance.

**Les taxons retirés de la somme polliniques**

La présence de spectres fortement dominés par le pollen d'aulne (*Alnus*) sur l'ensemble des séquences naturelles analysées (hormis sur la séquence de Poil) a motivé sa suppression systématique de la somme pollinique. Cette essence forte productrice pollinique (Janssen 1959), si elle est installée localement, masque en partie les fluctuations des autres taxons. Le bouleau et les Cypéracées ont aussi été retirés des sommes polliniques sur certaines séquences, pour les mêmes raisons, mais de façon moins systématique. Il en est de même pour tout un ensemble de plantes, principalement des herbacées, qui sont inféodées clairement aux zones humides analysées comme les taxons hygrophiles et aquatiques, les spores de prêle (*Equisetum*), de fougères et de bryophytes - ici principalement les sphaignes (*Sphagnum*) - les taxons qui sont sans ambiguïté, dans le contexte morvandiau, liés à la dynamique de végétation de la tourbière : la callune (*Calluna*) et les Ericacées type *Erica* et *Vaccinium*, la scheuchzérie des marais (*Scheuchzeria palustris*)

4 Etude réalisée par D. Rius et B. Vannière (laboratoire Chrono-environnement)

et la droséra (*Drosera*). Ces taxons, de même que les microfossiles non polliniques sont aussi exprimés en pourcentage par rapport au nombre de grains de pollen terrestres comptés.

Les séquences issues des tourbières du Morvan présentent un très bon degré de conservation des grains de pollen et spores. La forte concentration pollinique, la qualité de leur conservation, l'absence de variations tangibles de la quantité de grains de pollen conservés dans chaque échantillon, ainsi que la chronologie principalement holocène des séquences analysées, n'ont pas motivé le calcul systématique des concentrations absolues. L'analyse en concentrations absolues représentant un apport significatif par rapport aux valeurs relatives surtout pour les variations tardiglaciaires, quand les apports polliniques sont faibles et/ou qu'un ou plusieurs forts pollinisateurs viennent perturber l'enregistrement des autres taxons (Gaillard 1984). L'analyse en valeurs absolues a été utilisée uniquement sur la séquence du Port-des-Lamberts qui présentait des variations importantes du nombre de grains de pollen par gramme de sédiments, avec notamment une très forte concentration en milieu de séquence (voir chap. 2.1.1.). Pour l'établissement des fréquences absolues, la méthode volumétrique a été utilisée (e.g. Leroyer 1997, Marguerie 2009).

**La zonation des diagrammes**

La zonation des assemblages propres à chaque site regroupe des échantillons qui expriment des variations locales, ce sont les Zones Polliniques Locales (ZPL). La détermination de ces Zones Polliniques Locales a été établie d'après l'analyse statistique par regroupement hiérarchique ou « Cluster analysis » avec contrainte stratigraphique. L'analyse a été réalisée avec le module statistique CONISS de l'extension TGView du logiciel TILIA (Grimm 1991-1993). La seule exception concerne le diagramme du Port-des-Lamberts, le premier site que nous avons analysé dans le Morvan, et qui a déjà été publié avec une détermination des zones polliniques locales fondée sur l'observation des assemblages polliniques.

Pour replacer les dynamiques propres à chaque site dans le cadre plus global des successions de végétation postglaciaires de l'Europe moyenne, on trouvera aussi sur les diagrammes complets, les grandes biozones du Tardiglaciaire et de l'Holocène. Ces phases sont marquées par une évolution du couvert végétal en lien avec les changements climatiques interglaciaires ; une dynamique qui va d'une végétation principalement herbacée, typique des steppes froides, à

la reconquête des essences forestières à partir de l'Holocène. Cette évolution n'est pas toujours linéaire au cours des 20 derniers millénaires, conditionnée par des variations climatiques de plus ou moins grande ampleur et de plus ou moins longue durée (Richard 1999). La terminologie employée pour désigner les chronozones du Tardiglaciaire et de l'Holocène, communément utilisée depuis les années 70, a été établie par (Mangerud *et al.* 1974). Le Tardiglaciaire débute avec la steppe froide du Dryas ancien, suivie d'une phase de réchauffement et instabilité climatique de l'interstade Bølling-Allerød, favorisant la croissance d'arbustes comme le genévrier. Un dernier refroidissement sensible marque le Dryas récent, avec le retour d'une végétation steppique. L'Holocène débute avec la Chronozone du Préboréal qui est marquée par le développement d'une forêt largement principalement composée de pin, à laquelle succède la prédominance du noisetier au Boréal. Puis l'Optimum Climatique de l'Atlantique est favorable au développement de la forêt mésothermophile, chêne-orme-frêne-tilleul, climat plus frais et humide du Subboréal conduit à la prédominance du hêtre dans les chênaies, avec en altitude une place plus ou moins grande occupée par le sapin et l'épicéa. Enfin, la dernière Chronozone, le Subatlantique, est marquée d'une part par l'apparition du charme, mais aussi par l'introduction de nouvelles essences cultivées par l'Homme comme le noyer et le châtaignier. L'impact anthropique sur le couvert végétal, qui est globalement grandissant depuis la Néolithisation - au cours du VI$^{e}$ millénaire avant notre ère, durant l'Atlantique ancien, s'intensifie alors au cours de l'Holocène récent. Une datation des chronozones pour l'Europe moyenne peut être trouvée dans (Richard 1999), mais dans ce cadre général, les études régionales ne cessent d'affiner la temporalité des évolutions du couvert végétal, en relation avec des conditions écologiques particulières, mais aussi en relation avec l'histoire locale des sociétés humaines à partir de l'Holocène moyen. Ici, nous emploierons donc le terme de « biozone » pour la zonation des diagrammes polliniques du Morvan, car on ne dispose pas dans la région d'un solide référentiel chronologique basé sur des datations radiocarbone, comme il en est établi maintenant pour le Jura, les Alpes ou encore le Massif central, pour ne citer que les massifs voisins. Dans la partie 3, nous nous attacherons à faire ressortir l'apport des analyses réalisées pour un calage chronologique des biozones dans le contexte du Morvan.

### 1.3.4. Autres interventions sur les séquences

#### 1.3.4.1. Analyse de susceptibilité magnétique

Trois séquences sédimentaires issues des tourbières du Morvan ont fait l'objet d'analyses de susceptibilité magnétique. Les mesures sur les carottes des Sources de l'Yonne et de Poil ont été réalisées sous la direction de Ch. Petit (Univ. de Bourgogne) (voir chap. 2.1.2 et 2.1.4), et celle de Nataloup sous la direction de B. Vannière dans le cadre de l'ACI TEPANEO (voir chap. 2.2.4). Les mesures de susceptibilité magnétique permettent de quantifier le contenu en minéraux magnétiques dans les sédiments (Thompson et Oldfield 1986). Dans le cadre de l'analyse de séquences prélevées en milieu naturel, on peut considérer que d'une manière générale, la susceptibilité magnétique représente la proportion de matériel allochtone dans la sédimentation (Vannière *et al.* 2000, Vannière *et al.* 2003, Vannière *et al.* 2004). Des études menées dans différentes zones géographiques ont montré que l'augmentation de la susceptibilité magnétique dans ce type de contexte pouvait être mise en relation avec l'érosion des sols, et plus particulièrement avec une érosion provoquée par la déforestation et la mise en culture des sols (e.g. (Lageras 1996, Stockhausen et Zolitschka 1999, Vannière *et al.* 2000, Vannière *et al.* 2003). Enfin, elle permet de mettre en évidence des changements sédimentaires qui ne sont pas perceptibles à l'œil nu sur les carottes.

#### 1.3.4.2. Datations et modèles âge/profondeur

Lorsque que les conditions le permettaient (suffisamment de puissance sédimentaire et de dates associées), les relations âge/profondeur ont été établies à partir d'un modèle de type GAM's model, calculé sur des bases de probabilité mathématiques, représenté par des fonctions « spline » à degré de liberté contrôlé par les données chronostratigraphiques (Heegaard *et al.* 2005) (Vannière *et al.* 2008) ; ce travail de modélisation a été réalisé par B. Vannière (laboratoire Chrono-environnement). Dans le cas contraire, une courbe d'évaluation a été tracée en reliant simplement les dates radiocarbone entre elles, en faisant apparaître les marges des intervalles

d'incertitudes. L'établissement de modèle d'âge permet d'obtenir une extrapolation entre les dates réalisées qui soit statistique la plus fiable possible. Cette modélisation permet aussi de disposer d'un moyen de passer d'une représentation en profondeur des événements paléobotaniques à une représentation chronologique, qui fait apparaître les marges d'incertitude temporelle des datations $^{14}C$ calibrée à 2 sigma (voir chap. 3.3.1.2.)

**Les hiatus sédimentaires**

Sur les dix séquences issues des tourbières analysées dans le Morvan, six présentent au moins un hiatus dans l'enregistrement sédimentaire. Tous ces hiatus sont de même nature, c'est-à-dire qu'ils correspondent à une lacune dans les sédiments qui induit une absence d'enregistrement paléoenvironnemental et qui occulte donc une période chronologique plus ou moins longue. Ces lacunes dans l'enregistrement sédimentaire, peuvent être le résultat de deux processus. Le premier correspondrait à un arrêt de la sédimentation, ou plus justement dans ce cas, de l'accumulation tourbeuse, la principale cause dans une zone humide étant alors un assèchement provisoire local. Le second serait le résultat d'une érosion, d'un arrachement de la tourbe. Même s'il n'a jamais été possible de trancher définitivement la question de l'origine exacte de ces hiatus, nous discuterons les hypothèses plausibles au cas par cas.

**La datation des périodes les plus récentes, du XVIII^e^ à nos jours**

Pour les parties supérieures des carottes analysées, ce sont principalement les indices polliniques qui seront utilisés comme jalons chronologiques à partir du XVIII^e^ siècle. On trouve ainsi dans les spectres polliniques des parties supérieures des carottes, du pollen de plantes exogènes introduites intentionnellement, que ce soit pour la culture comme le maïs (*Zea Mays*), ou l'ornement comme le marronnier (*Aesculus hippocastanum* L.). Mais il peut aussi s'agir de l'introduction accidentelle de plantes aujourd'hui considérées comme invasives, dont l'exemple le plus emblématique est certainement celui de l'ambroisie (*Ambrosia artemisiifolia*). Introduite durant la seconde moitié du XIX^e^ avec des semences provenant d'Amérique du Nord, elle est observée dès les dernières décennies du XIX^e^ siècle dans l'Allier, et en plusieurs points du sud du département de la Nièvre (Chauvel *et al.* 2006, Chun *et al.* 2010). Les premières occurrences de grains de pollen d'ambroisie dans les diagrammes du Morvan peuvent donc être perceptibles dès

cette époque, car cette plante produit d'importantes quantités de grains de pollen, qui possèdent de plus une forte capacité de dispersion. Une présence qui est alors plus précoce que celle observée dans une série d'analyses polliniques du Jura qui apparait dans les diagrammes juste après la seconde Guerre Mondiale, période à laquelle une nouvelle vague d'apport a été occasionnée par le débarquement des troupes américaines (van der Knaap *et al.* 2000). Un autre marqueur à valeur locale a été utilisé, il s'agit de l'enrésinement du Morvan qui après quelques expériences ponctuelles réalisées dès la fin du XIX$^{e}$ siècle, est généralisé à l'ensemble du massif à partir des années 60 pour revaloriser les hêtraies-chênaies morvandelles épuisées par 2 siècles d'exploitation pour le chauffage de Paris. Celui-ci se traduit dans les diagrammes polliniques par l'apparition de courbes continues de *Pinus* et dans une moindre mesure de *Picea* et d'*Abies*, qui correspondent respectivement aux plantations de Pin douglas, d'épicéas et de sapins (voir ci-dessus, chap. 1.2.).

#### 1.3.4.3. Les analyses géochimiques

L'importance de l'activité métallurgique sur l'*oppidum* celtique de Bibracte ainsi que la présence de ressources polymétalliques dans les roches primaires du massif morvandiau (voir *supra*) ont amené les archéologues à se poser la question du rôle de l'exploitation minière dans l'installation et la prospérité de la ville éduenne (Guillaumet 2001). La découverte de grandes tranchées dont l'origine anthropique ne fait aucun doute, sur le site même de Bibracte ainsi qu'en de nombreux points du massif du Morvan, sont autant d'arguments en faveur de cette hypothèse. D'autant plus que certaines de ces structures présentent la forme caractéristique du résultat d'exploitations minières à ciel ouvert. Dans les zones de moyenne montagne et particulièrement dans le Morvan, les investigations archéologiques classiques, prospections pédestres ou aériennes, sont rendues très difficiles par la présence d'un couvert végétal majoritairement forestier. De plus, dans les zones où le potentiel métallifère est avéré, les vestiges des extractions les plus anciennes, protohistoriques et/ou antiques, peuvent avoir été détruites par les exploitations postérieures. Dans le Morvan, les archives évoquent l'existence d'exploitations minières dès la fin du Moyen Âge, des exploitations qui sont aussi reconnues pour les XIX$^{e}$ et XX$^{e}$ siècles (voir *supra* chap. 1.1.3.). Les activités minières et métallurgiques ne laissent pas seulement des indices directs :

structures de mines, vestiges de hauts-fourneaux et de bas-fourneaux, scories… elles sont aussi à l'origine de perturbations environnementales. Tout d'abord, les différentes phases d'extraction et de réduction du minerai projettent dans l'atmosphère des micropolluants métalliques tels que plomb, cuivre, zinc, cadmium, etc…, qui vont ensuite se redéposer au sol. Par ailleurs, les différentes phases du travail métallurgique sont particulièrement consommatrices de bois, que ce soit pour l'étayage des mines, l'attaque au feu pour l'abattage du minerai, ou encore la production de charbon de bois pour l'extraction, la réduction des métaux ; et elles vont alors être à l'origine de déforestations perceptibles dans les enregistrements polliniques (Richard et Eschenlohr 1998). Les tourbières sont des milieux privilégiés pour la conservation des retombées atmosphériques, les micropolluants métalliques comme les grains de pollen y sont conservés en stratigraphie et, dans ce sens, elles s'avèrent être d'excellentes archives naturelles pour documenter l'histoire des pollutions atmosphériques. Et, si les glaces du Groenland ont capté des pollutions à l'échelle de l'hémisphère nord dès l'Antiquité gréco-romaine (Boutron *et al.* 2004, Hong *et al.* 1994, Hong *et al.* 1996), l'analyse géochimique de tourbières dans différents pays européens a permis de reconnaître, en plus de ces pollutions globales, des apports de micropolluant liés à l'histoire métallurgique régionale et/ou locale (Le Roux 2005, Martinez Cortizas *et al.* 2002, Mighall 2006, Mighall *et al.* 2002a, et 2002b, Shotyk 1996).

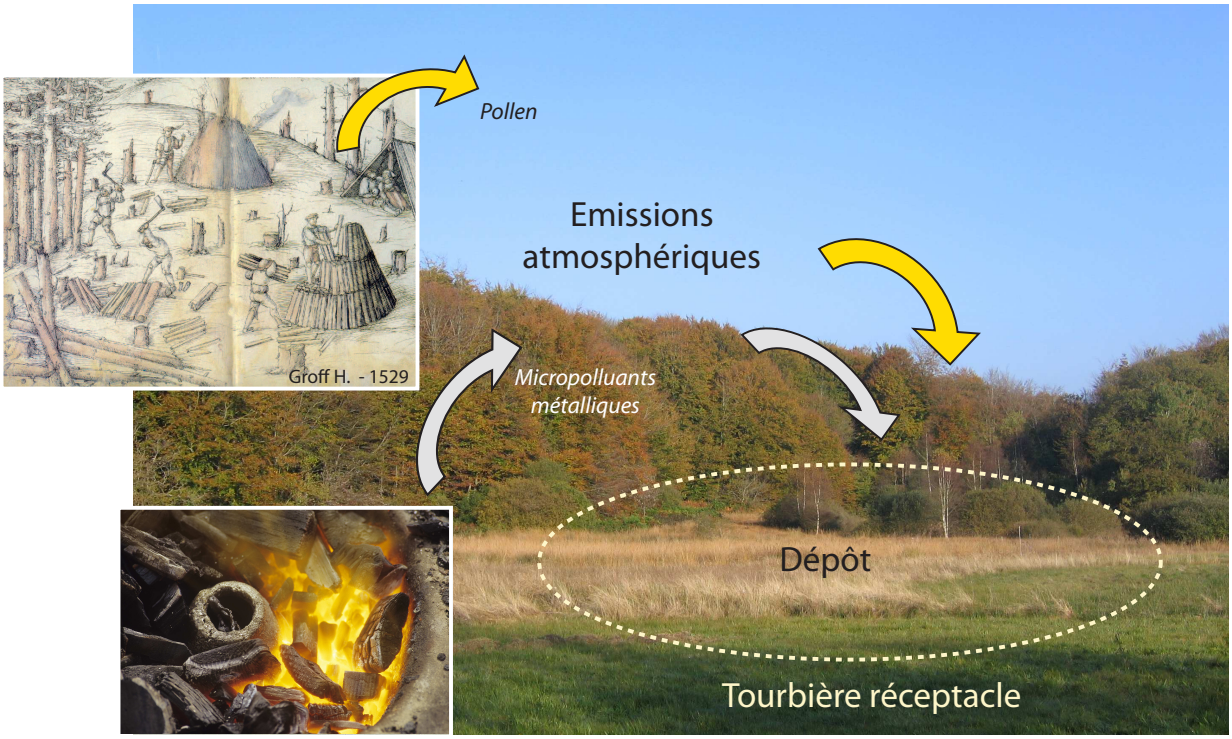



**Fig 1.5.** La tourbière, archive naturelle de l'histoire des émissions atmosphériques, pluie pollinique et micropolluants métalliques

Dans le Morvan, nous avons donc développé une approche paléoenvironnementale qui allie analyses polliniques et analyses géochimiques sur des carottes prélevées en tourbières. L'analyse pollinique va permettre de suivre l'impact des activités métallurgiques sur le couvert végétal et l'analyse géochimique des sédiments aura pour but d'isoler les éléments métalliques issus de retombées atmosphériques, grâce principalement à l'analyse isotopique du plomb. Celle-ci va permettre de différencier un plomb issu de l'érosion du substratum de celui remobilisé lors des activités paléométallurgiques, et cela grâce à sa *signature isotopique* qui est issue du rapport de deux isotopes radiogéniques : $^{206}Pb/^{207}Pb$ (pour une explication plus complète de l'analyse isotopique voir (Monna *et al.* 2004) et (Monna 2001). Cette signature fonctionne comme une véritable empreinte digitale et apporte une information quant à l'origine du plomb intégré au système. Dans cette approche, le plomb constitue un élément de choix ; présent dans de nombreuses minéralisations, il permet de mettre en évidence une large gamme d'activités minières et métallurgiques. De ce fait, les exploitations de cuivre, d'or, d'argent, d'étain des premiers métallurgistes ont émis dans l'atmosphère suffisamment de plomb pour qu'il soit enregistré dans l'environnement ; même si sa détection ne permet pas à elle seule de préciser le type de production métallique développée. D'autre part, le plomb possède une bonne stabilité au sein de la matière organique, limitant les mouvements après son dépôt, contrairement au cuivre ou au zinc qui sont remobilisés au cours du cycle végétatif.

La préparation des échantillons suit un protocole consistant principalement en la mise en solution par une attaque acide des métaux lourds (Pb, Cu, Zn, Bi …) et des éléments terrigènes (Sc, La …) (Monna *et al.* 2004). Les métaux ainsi que les isotopes du plomb ($^{206}Pb$, $^{207}Pb$ et $^{208}Pb$) sont mesurés par ICP-MS tandis que les éléments terrigènes le sont par activation neutronique. Le plomb qui intègre la tourbière peut être subdivisé en deux composantes. La première traduit des arrivées au sein de la tourbière de plomb naturel dont la signature isotopique du ratio $^{206}Pb/^{207}Pb$ est, en Europe occidentale, voisine de 1,20. Quant à la seconde, elle est dite anthropique. Elle caractérise l'introduction d'un plomb issu de retombées atmosphériques principalement émises pas des activités métallurgiques pour la période pré-industrielle. Ce plomb se distingue de celui présent naturellement par un rapport isotopique $^{206}Pb/^{207}Pb$ inférieur à la valeur de 1,20. Ce type d'analyse a donc pour but d'isoler et de mettre en avant la part anthropique du plomb déposé au sein de la tourbière. Si cela a pu être réalisé au Port-des-Lamberts,

les caractéristiques géochimiques des tourbières du Grand-Montarnu et du Verny-des-Brûlons, naturellement riches en métaux lourds, ne permettent pas de le faire directement. Pour ces deux séquences ce sont les valeurs du rapport Pb/Sc qui ont permis de discriminer l'enrichissement naturel en plomb de celui issu de retombées atmosphériques. Le scandium étant un élément exclusivement d'origine naturelle, un rapport Pb/Sc faible et constant témoignera de l'introduction dans le système d'apports naturels. Lorsque ce rapport augmente, il souligne l'arrivée de micropolluants atmosphériques.

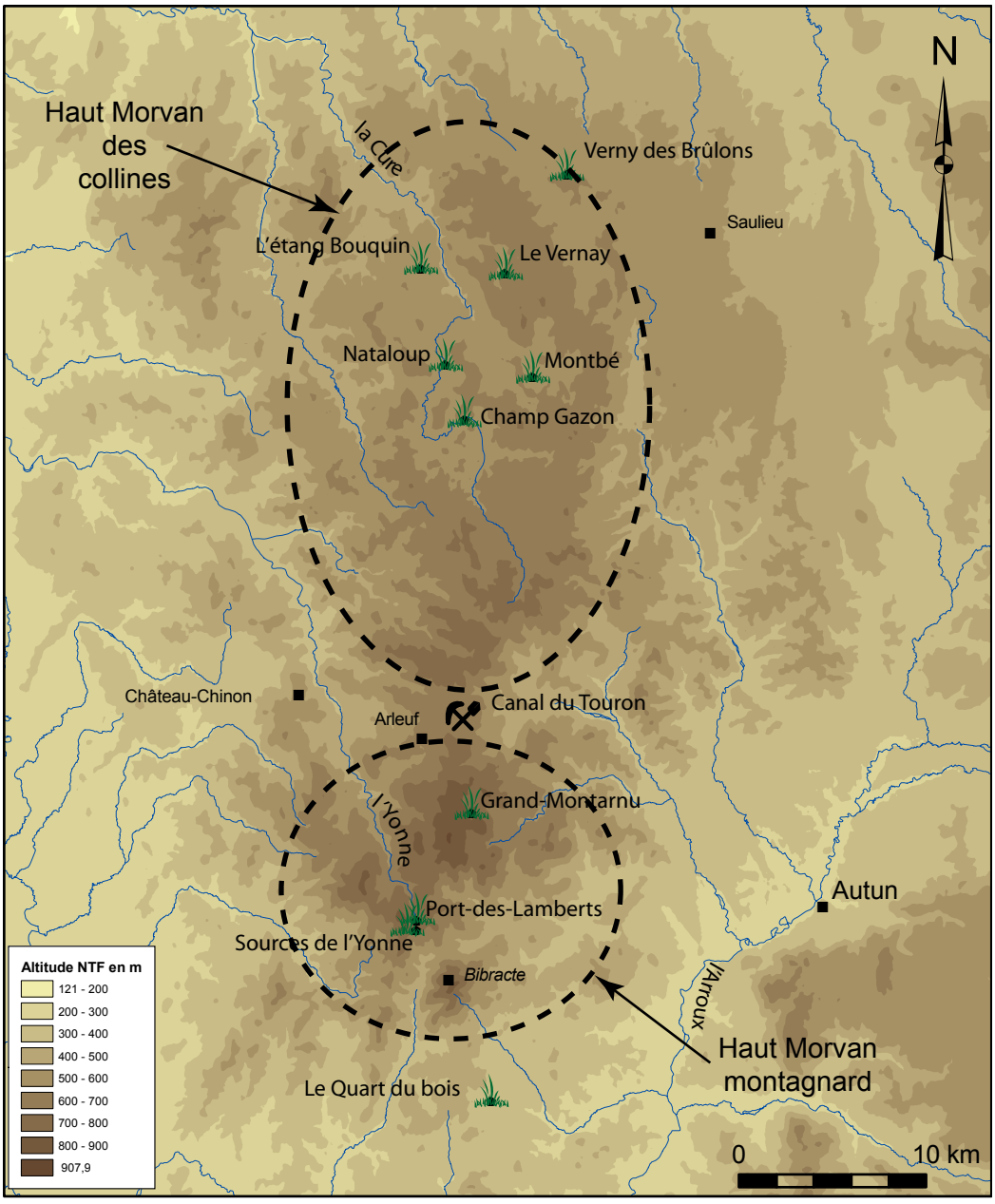
Les approches polliniques et géochimiques combinées sur une même carotte sédimentaire, permettent de mettre en rapport des phases d'attaque du couvert forestier révélées par l'analyse pollinique, avec des traces de pollutions atmosphériques anciennes qui sont décelées grâce à l'analyse isotopique du plomb. Les tourbières ombrotrophes uniquement alimentées par les apports atmosphériques sont les plus adaptées pour reconnaitre les apports de polluants d'origine anthropique (Shotyk 1996). Malheureusement, l'ensemble des petites tourbières du Morvan, principalement d'origine soligène n'ont jamais connu au cours de leur histoire de fonctionnement strictement ombrogène, sauf pour la partie bombée la plus récente. Toutefois, il a aussi été démontré en Suisse (Shotyk 2002) et dans le Pays Basque (Monna *et al.* 2004) par exemple, que les tourbières minérotrophes pouvaient sous certaines conditions offrir des enregistrements exploitables, notamment grâce à l'analyse isotopique. Les bons résultats obtenus dans les trois tourbières du Morvan analysées vont aussi dans ce sens. Ces analyses alliant géochimie et palynologie pour documenter l'histoire régionale de la métallurgie font partie des premières réalisées sur le territoire français, avec celles conduites dans les Pyrénées (Pays Basque) et les Cévennes (Mont-Lozère) (Baron *et al.* 2005, Jouffroy-Bapicot *et al.* 2007, Monna *et al.* 2004).

L'ensemble des analyses géochimiques réalisées dans le Morvan a été effectué sous la direction de F. Monna (Pr Université de Bourgogne / ARTeHIS UMR 5594 CNRS). Le premier site étudié, la tourbière du Port-des-Lamberts, a fait l'objet d'un mémoire de Master I (Blanchot 2001) et le protocole d'analyse et les résultats confrontés aux données polliniques ont été publiés, principalement dans (Monna *et al.* 2004). L'analyse des deux autres sites, Grand-Montarnu et Verny-des-Brûlons, font partie du travail de thèse de B. Forel (2009), doctorant à l'UMR 5594, sous la direction de C. Mordant et F. Monna (Forel *et al.* 2009). Le détail du protocole d'analyse ainsi que l'exposé complet des résultats géochimiques pourront être trouvés dans cette thèse.

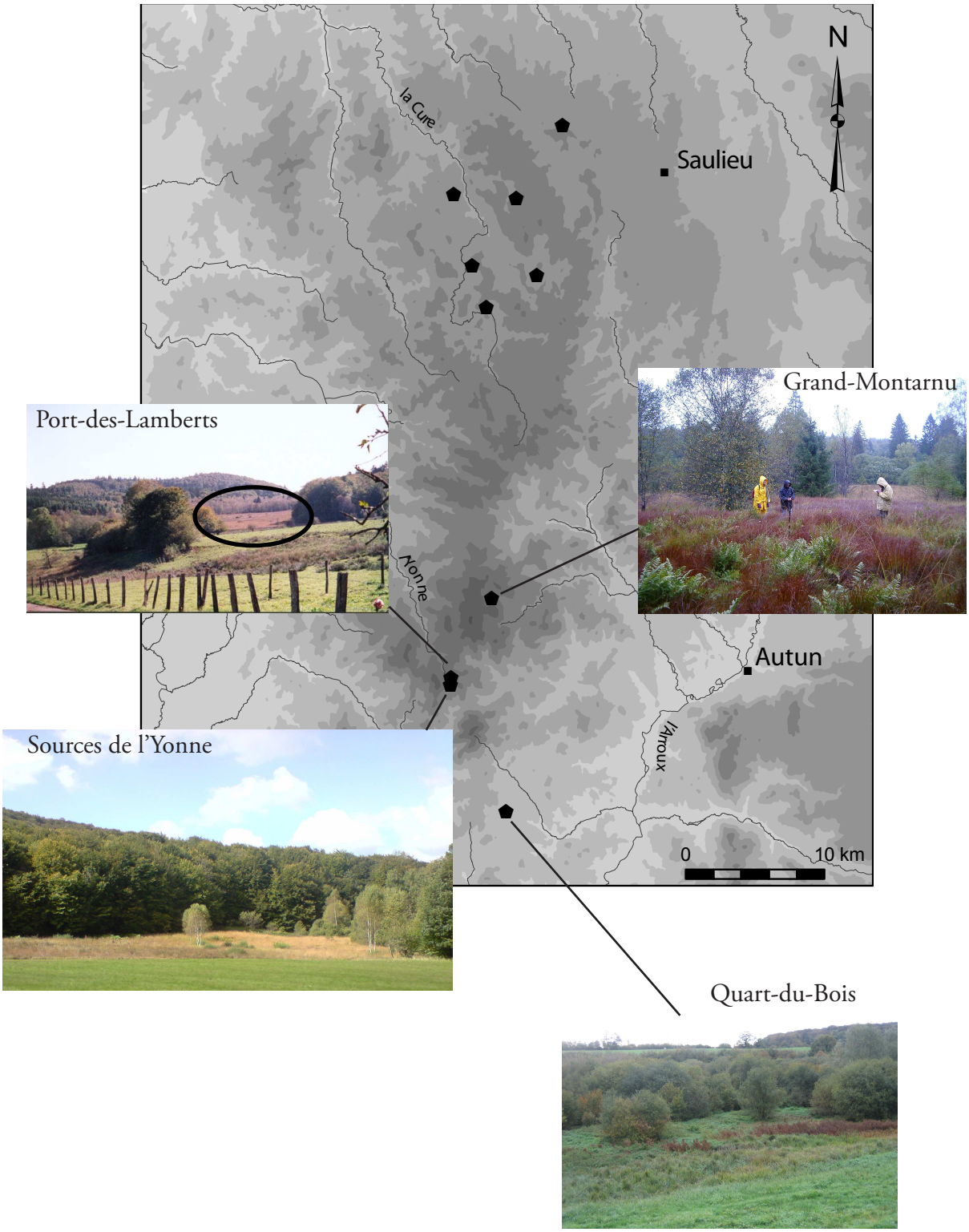


# Deuxième partie.

## Les sites analysés



# 2.1. TOURBIÈRES DU HAUT MORVAN



### 2.1.1. Tourbière du Port-des-Lamberts

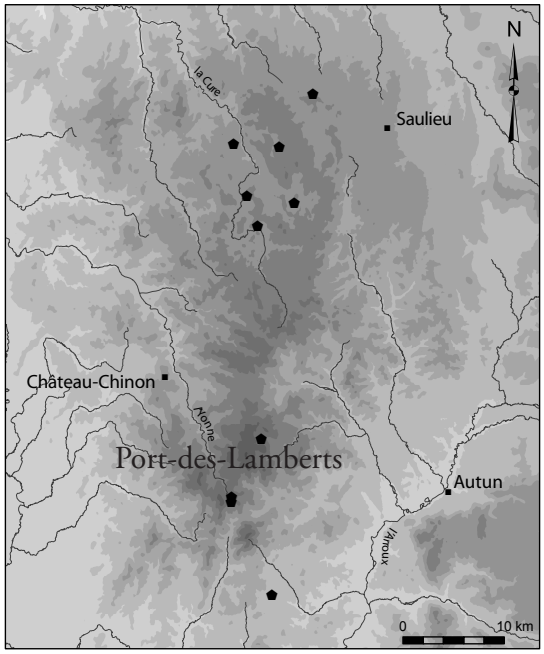
*Glux-en-Glenne (Nièvre)*

Forage octobre 2000

Coordonnées géographiques 46° 57’ 39” N

04° 00’ 38” E

Altitude : 710 m




La tourbière du Port-des-Lamberts est située dans le haut Morvan montagnard, sur la commune de Glux-en-Glenne (département de la Nièvre). Elle appartient à un vaste site d’intérêt écologique majeur qui fait l’objet de plusieurs mesures de protection et qui englobe également la tourbière des Sources de l’Yonne (voir chap. 1.2.) et le Mont Préneley (855 m) (site Natura 2000 FR2600988) (2007). Elle s’est développée sur le versant est et nord-est du Mont Préneley et occupe une surface de presque 6 ha. La tourbière, d’origine soligène, repose sur un substrat géologique majoritairement composé de tufs ryolithes, de quartz et de micas noir, surmonté d’une couche importante d’arène granitique. L’imperméabilité de cette couche, liée à des précipitations importantes et régulières, a permis le développement de la formation tourbeuse (Agou *et al.* 1997). L’originalité de cette tourbière est de présenter une mosaïque de formations tourbeuses, et donc de formations végétales, des stades pionniers aux stades matures. Son environnement proche est typique du paysage du haut Morvan : un hameau de quelques maisons, entouré de pâtures, au sein d’un couvert majoritairement forestier, composé de hêtraies et plantations de résineux. La tourbière du Port-des-Lamberts fait partie des sites du Morvan étudiés par G. Lemée dans les années 50 (Lemée 1951). Se basant sur l’étude d’une carotte d’1,30 mètre, l’auteur propose de dater le début de l’enregistrement de la fin de ce qu’il nomme la phase du Chêne (biozone de l’Atlantique), la majeure partie de la séquence concernant alors la « phase à Chêne et Hêtre » (biozones du Subboréal et du Subatlantique). G. Lemée attribue le début de cette

seconde phase à l'âge du Bronze, par similitude entre les assemblages polliniques du Morvan et ceux qu'il a obtenus en Limousin et sur le plateau de Millevaches. Le périmètre de ce site naturel, comme celui de la tourbière des Sources de l'Yonne (ci-dessous chap. 2.1.2.), est situé à proximité immédiate d'une occupation archéologique datée de la fin du premier siècle de notre ère, d'une vaste emprise spatiale, à laquelle succédera des temples de tradition celtique, deux *fana*, à proximité des Sources de l'Yonne (Bigeard 1996, Creighton *et al.* 2006, Haupt *et al.* 2007, Haupt *et al.* 2007) (voir fig. A3 et chap 2.1.2.).

Après avoir testé les profondeurs sur l'ensemble de la tourbière, un carottage a été effectué dans la zone qui présentait la plus grande épaisseur de tourbe, à savoir la partie bombée, la plus évoluée. Elle se présente sous la forme d'importantes buttes de sphaignes surmontées par la callune (*Calluna vulgaris*) et la linaigrette vaginée (*Eriophorum vaginatum*). Ce sondage a permis l'obtention d'une carotte de tourbe relativement homogène de 2 mètres de longueur.

**La séquence sédimentaire :**

**Tableau 2.1** Datations radiocarbone AMS

| Profondeur (cm) | Matériel | Code labo | **Âge $^{14}$C BP** | **Dates calibrées BC-AD (2 sigma)** |
|---|---|---|---|---|
| 34-38 | tourbe | LY-10941 | moderne | |
| 77-79 | tourbe | LY-10942 | 1070 ± 50 | [888-1028] cal AD |
| 97-99 | tourbe | LY-10943 | 1460 ± 60 | [441-664] cal AD |
| 126-128 | tourbe | LY-10944 | 2480 ± 40 | [790-407] cal BC |
| 163-165 | tourbe | LY-10945 | 3117 ± 54 | [1515-1225] cal BC |

Datations réalisées au Centre des Sciences de la Terre à Lyon (LY), calibrée à 2 sigma avec CALIB 4.1.3 (Stuiver, 1998)

La carotte du Port-des-Lamberts est caractérisée par un remplissage sédimentaire homogène de tourbe brune évoluée pour les parties les plus profondes, et qui se montre plus fibreuse en fin de séquence. Cinq dates $^{14}$C ont été réalisées, réparties sur les deux mètres de tourbe. Le modèle âge/profondeur simple établi d'après le résultat de ces datations montre un enregistrement qui couvre un peu plus de quatre millénaires, avec un début de sédimentation que l'on peut situer entre 4500 et 4000 cal BP, soit autour de 2500-2000 avant notre ère, à la transition entre la fin du Néolithique et le début de l'âge du Bronze (fig. 2.1.). Avec un enregistrement d'une vingtaine d'années en moyenne sur un cm de tourbe, la carotte du Port-des-Lamberts est l'une des séquences les plus dilatées du massif du Morvan ; elle offre ainsi une histoire de la végétation relativement détaillée pour un grande partie du Subboréal et l'ensemble du Subatlantique. Par ailleurs, la sédimentation ne présente pas de hiatus majeur et semble globalement assez homogène, si l'on

excepte un ralentissement de l'accumulation tourbeuse situé entre les profondeurs -126/-128 et -97/99. Perceptible sur le modèle d'âge, cet événement ne l'est pas à l'observation de la carotte, constituée de tourbe brune homogène. Dans ce même intervalle une forte augmentation de la concentration pollinique a aussi pu être observée, ce qui a motivé le calcul des concentrations absolues (grains de pollen/gramme de sédiment) (fig. 2.2.). Cette concentration exceptionnelle concerne les échantillons -128 à -112 avec un pic remarquable à 116 cm de profondeur.

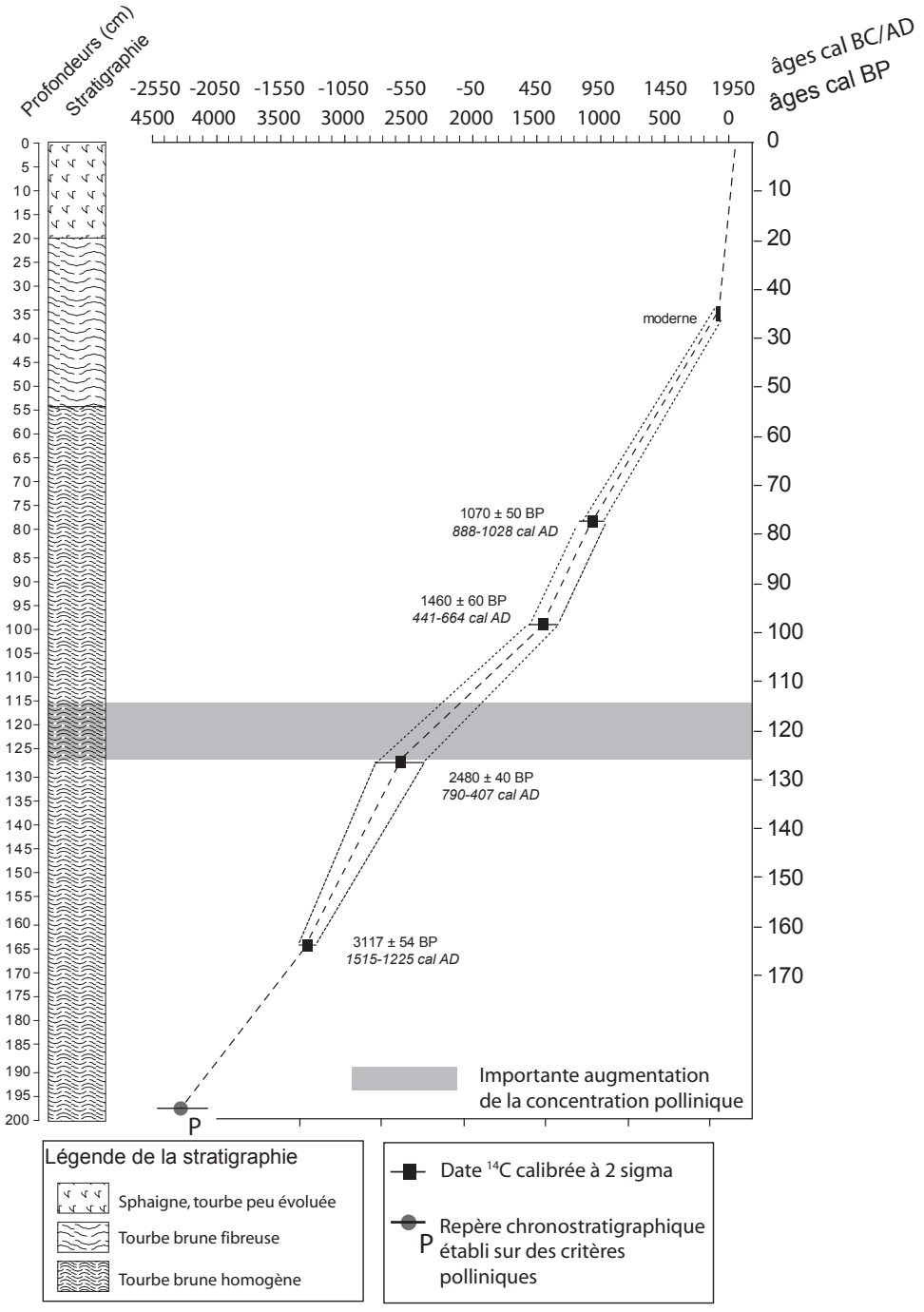



**Fig. 2.1.** Tourbière du Port-des-Lamberts - stratigraphie de la carotte et modèle âge/profondeur

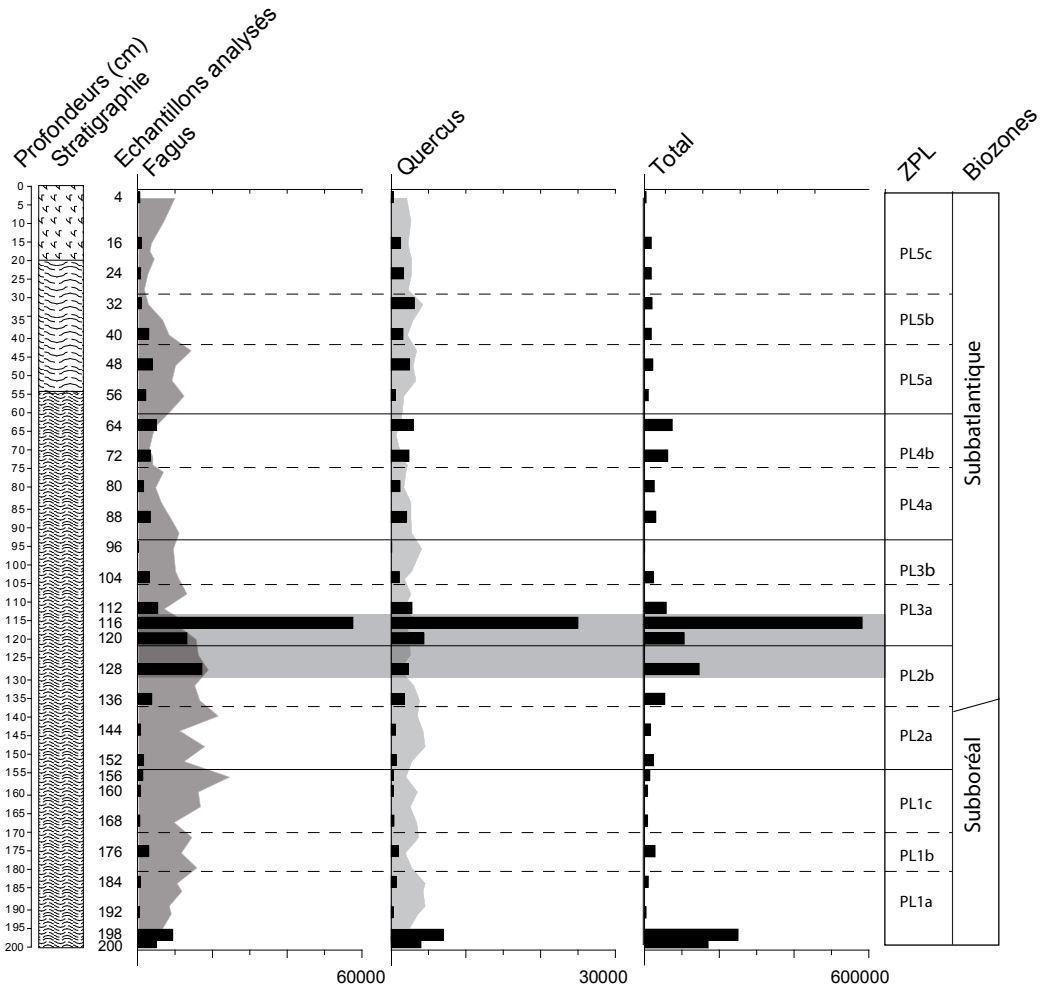



**Fig. 2.2.** Concentration pollinique (grains de pollen/gr de sédiments). Total de la somme pollinique et exemples de *Quercus* et *Fagus*, courbes en valeurs relatives et histogramme des concentrations absolues

**L'analyse géochimique :**

La séquence du Port-des-Lamberts est la première à avoir fait l'objet d'une analyse conjointe de palynologie et de géochimie isotopique pour rechercher d'éventuels indices paléoenvironnementaux d'activités minières et/ou métallurgiques anciennes (voir chap. 1.3.4.2.). Distante seulement de quelques kilomètres à vol d'oiseau du Mont-Beuvray, cette séquence avait été choisie en raison de sa proximité avec le site de Bibracte. De plus, les analyses réalisées par G. Lemée, évoquaient une chronologie du remplissage adaptée à l'étude des 4 derniers millénaires.

| ZPL | Prof. cm | Strate arboréenne | Strate herbacée | Pb anthropique, $^{206}Pb/^{207}Pb$ |
|---|---|---|---|---|
| PL 5c | 29 | - augmentation du taux total des arbres<br>- *Fagus* reprend de l'importance et atteint à nouveau les 20%en fin de séquences<br>- *Quercus* et *Corylus* sont stables<br>- augmentation des résineux, notamment *Pinus*, suivi de *Picea* et *Abies* en fin de zone. | - diminution progressive des Poaceae, des autres herbacées et des IPA encore bien représentés en début de zone<br>- courbe importante de *Potentilla*-type<br>- forte représentation de *Calluna* | - pic spectaculaire de la courbe de Pb, maximum de 84 µg/g à 24 cm de profondeur, et diminution en fin de zone<br>- rapport isotopique se rapproche régulièrement de 1,14 |
| PL 5b | 41 | - chute de *Fagus* de 20% à 5%<br>- légère augmentation de *Quercus* et de *Pinus*<br>- augmentation plus marquée de *Castanea* | - bonne représentation de Poaceae<br>- baisse des anthropochores, mais présence variée et constante des apophytes | - stabilité de la courbe du Pb anthropique<br>- les valeurs isotopiques forment aussi un groupe très homogène autour de 1,17 |
| PL 5a | 57 | - *Fagus* et *Quercus* dominent<br>- diminution durable de *Betula*<br>- taux de *Carpinus* en augmentation, se stabilise autour de 5%<br>- courbe relativement importante de *Castanea* et dans une moindre mesure de *Juglans* | - légère baisse des Poaceae<br>- bonne représentation des IPA en augmentation en cours de zone<br>- pic de *Potentilla*-type en début de zone<br>- apparition de *Calluna* | |
| PL 4b | 75 | - pic spectaculaire en première partie de zone de *Betula*<br>- pic localisé de *Corylus*<br>- faibles taux de *Fagus* et nouvelle augmentation en fin de zone | - baisse globale, mais bonne représentation de la diversité des herbacées<br>- présence constante *Cerealia-type*, occurrences régulières de *Secale* et *Cannabis*-type | - nouvelle augmentation des valeurs du Pb anthropique, entre 7 et 11 µg/g. |
| PL 4a | 93 | - baisse importante du taux de pollen d'arbres, à peine plus de 30% ; baisse qui affecte l'ensemble des taxons<br>- apparition de *Juglans* en fin de zone | - après une baisse ponctuelle, nouvelle augmentation des Poaceae<br>- bonne représentation des autres herbacées<br>- important pic de *Rumex* et de *Cerealia*-type en fin de zone<br>- Potentilla-type prend de l'importance | - progression modérée de la courbe du Pb anthropique<br>- irrégularité des valeurs isotopiques |
| PL 3b | 109 | - taux de pollen de *Fagus* puis de *Corylus* et de *Quercus* en augmentation<br>- *Betula* tend à disparaître.<br>- taux de pollen d'*Alnus* durablement diminué | - forte représentation des Poaceae au dessus de 40%<br>- occurrences constantes de *Cerealia-type* et apparition des premiers grains de pollen de *Secale* | - baisse régulière de la courbe de Pb anthropique, qui rejoint des valeurs proches de zéro |
| PL 3a | 121 | - baisse drastique des taxons arboréens, et notamment de *Fagus* et *Betula* suivi d'*Alnus*<br>- disparition quasi-totale de *Tilia* et d'*Abies*<br>- apparition d'une courbe continue de *Carpinus*<br>- apparition de *Castanea* en fin de zone | - hausse sensible des Poaceae<br>- diversification importante des autres herbacées<br>- présence régulière des IPA, *Plantago lanceolata* en début de zone et *Cerealia*-type en 2$^{nde}$ partie | - augmentation rapide et remarquable du Pb d'origine anthropique, qui culmine autour de 24 µg/g au niveau 117 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| PL 2b | 138 | - taux de pollen d'arbres largement dominant<br>- *Alnus* et *Fagus* dominent<br>- *Betula* augmente régulièrement | - importante chute du taux de pollen de Cyperaceae<br>-les autres herbacées sont constantes<br>- baisse continue des monolètes | - les valeurs restent stables par rapport à la fin de la période précédente |
| PL 2a | 153 | - brutale diminution du taux de *Fagus*<br>- *Quercus*, *Betula* et *Corylus* augmentent<br>- inversion du phénomène en seconde partie de zone.<br>- taux d'*Alnus* relativement constant | - augmentation spectaculaire du taux des Cyperaceae<br>- présence discrète des Poaceae et IPA<br>- variations importantes de la courbe des spores monolètes | -à partir de la profondeur -149, les valeurs du Pb anthropique augmentent nettement et durablement<br>- les valeurs isotopiques sont modifiées |
| PL 1c | 169 | - augmentation très nette du taux de pollen de *Fagus*<br>- baisses de *Quercus*, *Corylus* et *Betula* en fin de zone | - diminution du taux et de la variété des herbacées<br>- quelques IPA subsistent<br>- remontée globale de la courbe de monolètes | - les valeurs du Pb anthropique d'origine atmosphérique restent autour de zéro<br>- la signature isotopique, autour de 1,19, est celle du plomb indigène. |
| PL 1b | 181 | - diminution des principaux taxons arboréens, *Quercus*, *Fagus*, *Pinus*<br>- pic en début de zone, puis chute d'*Alnus*<br>- *Corylus* reprend de l'importance | - chute ponctuelle des Cyperaceae<br>- nette augmentation des IPA, principalement, *Plantago lanceolata*, *Rumex* et les Rubiaceae<br>Chute ponctuelle des spores monolètes | |
| PL 1a | 200 | - taux de pollen d'arbres et arbustes dominant (autour de 90%)<br>- importants taux d'*Alnus*<br>- augmentation régulière de *Fagus* et *Quercus*<br>- diminution régulière de *Corylus et Tilia* | - dominance des Cyperaceae<br>- discrète présence d'indices d'anthropisation : *Cerealia-type, Plantago lanceolata*, Urticaceae et Rubiaceae<br>- forte représentation des spores monolètes | |

**Tab. 2.2** Description du diagramme pollinique, Zones Polliniques Locales (ZPL), et résultats des analyses géochimiques : ratios Pb/Sc et rapports isotopiques $^{206}Pb/^{207}Pb$ (sens de lecture : de bas en haut).
Diagramme annexe A.2.

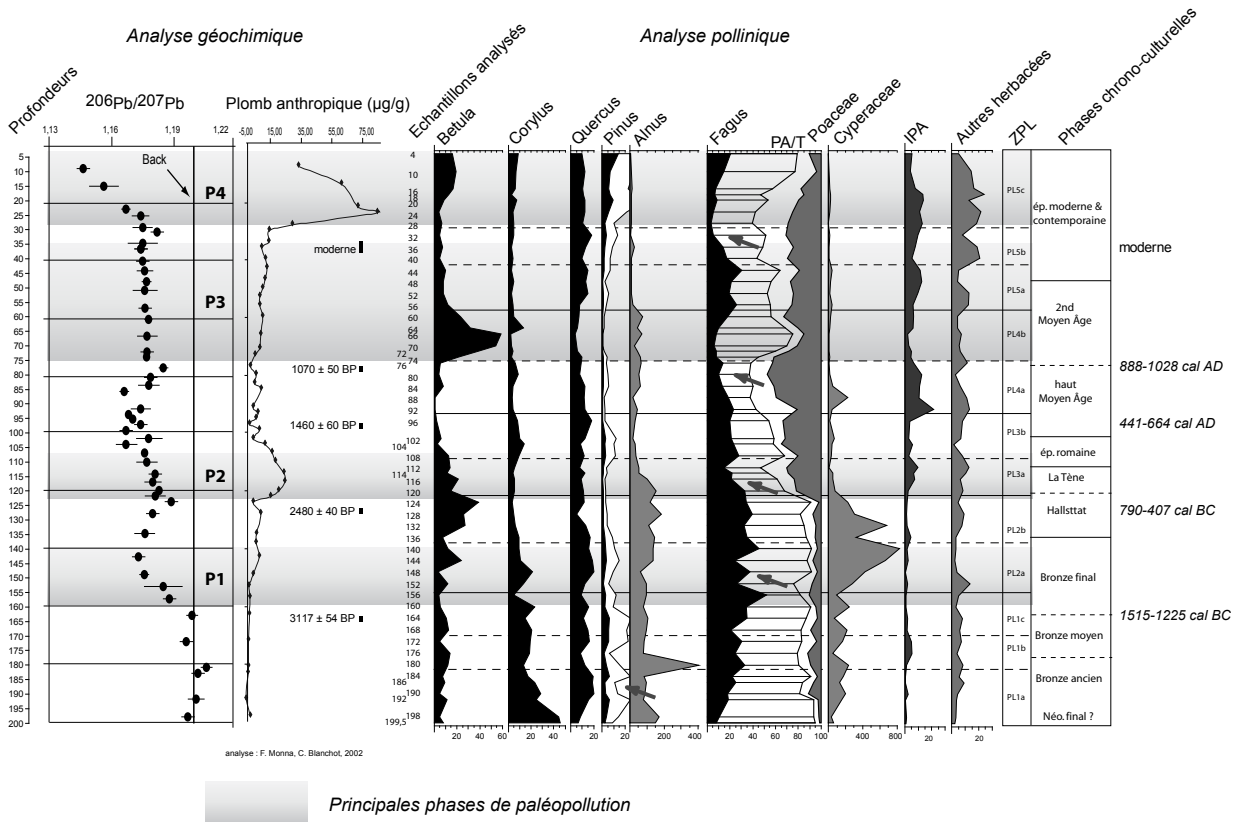



**Fig. 2.3** Tourbière du Port-des-lamberts. Résultat des analyses géochimiques, Pb anthropique et rapport isotopiques $^{206}Pb/^{207}Pb$ et diagramme pollinique simplifié

## Commentaire

Analyse des fig. A.2. et 2.2.

### ZPL PL1

Le diagramme pollinique de la tourbière du Port-des-Lamberts montre un début d'enregistrement largement dominé par les taxons arboréens. Durant la zone PL1, les pourcentages de pollen de chêne (*Quercus*) et encore plus de hêtre (*Fagus*) augmentent régulièrement, alors que ceux du tilleul (*Tilia*), essence thermophile caractéristique de la période Atlantique, diminuent rapidement au cours de la ZPL PL1a. On note la présence discrète mais continue de résineux, notamment le sapin (*Abies*) et le pin (*Pinus*), qui vont diminuer et tendre à disparaître par la suite. L'aulne (*Alnus*) tient une place prépondérante dans la représentation de la pluie pollinique de cette période, avec un taux de plus de 90% des taxons arboréens, lorsqu'il n'est pas retiré de la somme totale des grains de pollen de plantes terrestres. Cette représentation est très probablement locale, elle est l'image de l'aulnaie riveraine du cours de l'Yonne et de la zone humide qui

l'entoure. Dans le couvert herbacé, on remarque déjà la présence discrète d'indices polliniques d'anthropisation, avec les occurrences de grains de pollen de plantes cultivées comme les céréales (*Cerealia-type)*, et de pollen de plantes rudérales : du plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*), des chénopodes (Chenopodiaceae) et surtout des oseilles (*Rumex*). La combinaison des différents spectres ainsi que la datation radiocarbone réalisée à la profondeur 163/165 cm - 3117 ± 54 BP - permettent d'attribuer le début de la séquence à la transition entre l'Atlantique récent et le début du Subboréal. Les IPA enregistrés sont les témoins d'une activité agro-pastorale proche de la zone de forage qui est probablement à situer au début de l'âge du Bronze (autour de 2300 avant notre ère).

La zone pollinique 1b enregistre une ouverture du milieu forestier qui touche une grande partie des taxons arboréens : le chêne, le frêne (*Fraxinus*) et le hêtre, mais aussi les résineux : le sapin et surtout le pin. Parallèlement, la part des graminées sauvages (Poaceae) et des taxons de plantes rudérales s'amplifie dans les spectres polliniques.

Le total de pollen d'arbres et arbustes est à nouveau en augmentation durant la zone pollinique locale suivante (PL1c), largement influencé par la progression rapide de la courbe du hêtre, dont les taux polliniques passent d'un peu moins de 20% à plus de 50% du total des grains de pollen de plantes terrestres comptés. Les IPA, s'ils ne disparaîssent pas complètement, n'ont qu'une représentation ténue et irrégulière. Cette phase durant laquelle le couvert forestier reprend de l'importance couvre plutôt la seconde moitié du Bronze moyen d'après le modèle âge/profondeur.

**ZPL PL2**

La ZPL PL2a débute avec la première baisse du taux de pollen de hêtre. L'ouverture du milieu provoquée par la chute du hêtre semble profiter aux essences pionnières, le noisetier (*Corylus*) et le bouleau (*Betula*). Les pourcentages de chêne connaissent aussi une augmentation sensible ; celle-ci ne correspond par forcément à une augmentation de la part du chêne dans la forêt environnante, mais il a été démontré que l'éclaircissement de la forêt dû à la diminution de la population de hêtre favorisait la pollinisation des fleurs de chênes (Troels-Smith 1981). Du point de vue de la strate herbacée, la zone pollinique 2a est marquée par une augmentation importante et constante des taux de Cypéracées. Au cours de cette phase, les indices d'activités agropastorales, même s'ils n'ont pas complètement disparus, puisque que l'on note la présence

d'espèces rudérales comme les oseilles et le plantain lancéolé, sont toutefois très discrets et les occurrences de céréales assez rares. La combinaison de ces spectres polliniques, où la diminution massive des taux d'une essence forestière, le hêtre, n'est pas accompagnée d'une hausse significative des marqueurs d'activités agro-pastorales, correspondent à une première inflexion de la courbe du plomb anthropique (P1). De plus, les rapports isotopiques $Pb^{206}/Pb^{207}$ se rapprochent de valeurs moins radiogéniques, autour de 1.18. Les variations isotopiques sont les plus appropriées pour identifier des pollutions anciennes et d'ampleur modeste (Monna *et al.* 2004), et elles attestent donc de l'apport de micropolluants métalliques atmosphériques dans la tourbière. La corrélation entre les indices polliniques et géochimiques rend très vraisemblable l'hypothèse d'une première phase de défrichements liés à des activités minières et/ou métallurgiques à proximité du Mont-Beuvray. Cet événement peut être placé au cours du Bronze final (entre 1350-800 av. notre ère.) grâce aux datations radiocarbone qui l'encadrent : [1515-1225] cal BC en ZPL1c, et [790-407] cal BC en zone 2b.

Au cours de la zone 2b, les pourcentages de hêtre, après une augmentation rapide, restent relativement stables. Au niveau de la zone proche du forage, une baisse importante et durable des Cypéracées est concomitante d'une hausse des taux de bouleau, ce qui peut évoquer une évolution locale de la zone humide vers un assèchement. Mais l'on peut aussi expliquer cette augmentation de par le rôle pionnier de cette essence, car on observe aussi la disparition des céréales et la raréfaction des apophytes. Cette période d'apparente déprise agro-pastorale correspond très certainement au premier âge du Fer (environ 800-400 avant notre ère), période pour laquelle dans le haut Morvan, les témoignages archéologiques sont extrêmement rares. De même, la courbe du Pb anthropique se stabilise et les valeurs tendent à diminuer, des indices qui indiquent l'arrêt d'apport de micropolluants atmosphériques dans la tourbière.

**ZPL PL3**

La zone pollinique suivante, PL3a, montre une chute drastique de la représentation pollinique du couvert forestier : le total des taxons arboréens passe d'environ 90 % au début de la phase à un peu moins de 50 % à 112 cm de profondeur. La chute affecte en priorité le taux de pollen de hêtre, mais on voit aussi une baisse importante des pourcentages de bouleau et d'aulne. Cette zone correspond à une ouverture du milieu plus importante que la précédente qui occasionne une très forte augmentation des graminées sauvages mais aussi des autres herbacées. La variété

des taxons est remarquable, avec pas moins de 28 taxons (dont 9 qui apparaissent), en plus des IPA. Ceux-ci sont aussi nombreux et diversifiés ; les mieux représentés en début de phase sont les apophytes, les céréales ne réapparaissant qu'en fin de zone. Les indices de défrichement enregistrés ici montrent une remarquable corrélation avec un important pic d'apport en plomb anthropique (P2). Les datations par le radiocarbone permettent d'attribuer cette phase au second âge du Fer (IV$^{e}$-I$^{er}$ siècles av. notre ère). Ces témoignages d'activités minières et/ou métallurgiques répondent à l'importance de l'occupation de Bibracte durant les deux derniers siècles de notre ère, occupation au sein de laquelle l'artisanat métallurgique tient une part importante.

Le début de la ZPL 3b voit le couvert forestier reprendre rapidement de l'importance comme le montre l'augmentation des courbes de hêtre, puis de noisetier, suivies de celle du chêne dans un second temps. Seule la représentation du bouleau continue à s'amenuiser. Le charme (*Carpinus*), qui ne connaissait alors que quelques occurrences sporadiques, commence à être plus présent. Toutefois, au cours de la période, le couvert forestier va légèrement décroître et les indices d'activité humaine sont présents de manière discrète mais constante. Une courbe continue de céréales type blé, orge et/ou avoine est accompagnée des premières occurrences de seigle (*Secale*). Cette zone correspond à une phase chronologique qui semble couvrir l'intégralité de l'époque romaine, jusqu'au début du Moyen Âge. Toutefois, la compaction des sédiments, illustrée à la fois par le modèle d'âge et surtout par l'augmentation de la concentration en grains de pollen (fig. 2.1 et 2.2), rend difficile une perception chronologique fine des événements, comme pour la ZPL précédente.

**ZPL PL4**

Au début de la ZPL PL4a, la chute de la représentation de la forêt amorcée en fin de zone 3 s'intensifie. On voit notamment les taux de pollen de hêtre et de chêne diminuer franchement. Ce phénomène est associé à une forte augmentation des graminées sauvages et des indices polliniques d'anthropisation ; un ensemble d'IPA qui est tout d'abord dominé par les apophytes - notamment l'oseille (*Rumex*) - puis qui montre un pic important de céréales en fin de zone. Durant cette phase qui est marquée par un impact humain important sur le couvert végétal, les indices de paléopollutions sont incertains. La courbe du plomb anthropique est irrégulière et les valeurs isotopiques tendent à rejoindre celle du bruit de fond en fin de zone. Difficile dans ces conditions de trancher entre le résultat d'apports peu importants en micropolluants atmosphéri-

ques ou un effet résiduel de la phase de paléopollution précédente. Deux datations radiocarbone encadrent la ZPL 4a : [441-664] cal AD à 97/99 cm de profondeur et [888- 1028] cal AD à 77/79 cm de profondeur. Elles permettent d'attribuer cette phase à fort impact anthropique au haut Moyen Âge.

La zone suivante, PL4b, après une légère phase de reprise forestière, enregistre une nouvelle déforestation drastique. Les défrichements touchent massivement l'ensemble des essences forestières dominantes : le hêtre, le chêne, le noisetier. A l'inverse, les taux de pollen de bouleau forment un pic spectaculaire, profitant probablement de l'ouverture du couvert forestier. L'établissement d'un diagramme « de contrôle » qui exclut le bouleau de la somme pollinique a montré la réalité de la chute des principaux taxons arboréens. L'interprétation de la forte augmentation du bouleau peut également résulter d'une dynamique propre à la tourbière, qui connaîtrait un assèchement passager, dont les origines anthropiques (forte présence humaine) comme climatiques peuvent être évoquées avec vraisemblance (voir chap. 3.2.4. et 3.3.2.5.). Les IPA restent bien représentés, surtout en fin de zone avec la culture du chanvre (*Cannabis*-type) qui vient s'ajouter à celle des céréales. La zone 4b marque le début d'une nouvelle phase d'apports significatifs de micropolluants métalliques atmosphériques, entre 72 et 34 cm de profondeur (P3). Celle-ci est caractérisée par une remarquable homogénéité des valeurs isotopiques autour de 1,18 et une constance dans la courbe du plomb anthropique. Le début de la phase PL4b, est situé entre 888 et 1028 cal AD grâce à une date réalisée à 79-77 cm de profondeur, et elle correspond donc globalement au Moyen Âge central, du X$^{e}$ siècle au XIII$^{e}$ siècle de notre ère.

**ZPL PL5**

La ZPL 5a est marquée par la baisse continue de la courbe du bouleau et par une reprise d'autres essences comme le chêne et surtout le hêtre. Les plantes cultivées sont toutes en hausse (céréales de type blé, orge et/ou avoine, seigle, chanvre), et les IPA en général sont bien représentées. De plus, les taxons de plantes messicoles, comme le coquelicot (*Papaver rhoeas*-type) et le bleuet (*Centaurea cyanus*), sont plus régulièrement présents qu'auparavant. Autant d'indices qui vont dans le sens de cultures régulières proches. Les grains pollen de châtaignier (*Castanea*) et de noyer (*Juglans*) - dans une moindre mesure - sont de plus en présents. Les témoignages de pollutions atmosphériques restent constants, comparables à ceux de la zone précédente, qu'il s'agisse de la courbe du plomb anthropique ou du rapport isotopique $^{206}Pb/^{207}Pb$. Ces indices

combinés d'activités agro-pastorales et paléométallurgiques couvrent la fin du Moyen Âge et une grande partie de l'époque moderne.

Une chute drastique du taux de hêtre caractérise la zone suivante (5b). A l'inverse, la représentation du chêne augmente régulièrement. Une augmentation assez sensible du châtaignier est aussi enregistrée au cours de cette zone. Elle peut aussi bien témoigner d'un développement local de la culture du châtaignier, que résulter d'une intensification des apports lointains à la faveur de l'ouverture du milieu. Le châtaignier dont le pollen peut connaître une diffusion lointaine avec un déplacement altitudinal important, comme cela a été démontré dans d'autres régions (Frei 1997), était cultivé de façon parfois intensive à cette époque dans le Morvan (sur le versant sud entre autres), comme en témoignent la tradition orale (Crosnier 1998), la présence encore importante de cette essence sur le massif, mais aussi la séquence du diagramme de Poil (chap. 2.1.4.). La chute du hêtre, qui semble être le résultat de l'exploitation intense de cette essence comme bois de chauffe, comme la datation radiocarbone située entre 34 et 38 cm de profondeur qui est moderne et n'a donc pu être calibrée, nous amène à proposer une attribution de cette zone PL5b aux XVIII$^{e}$ et XIX$^{e}$ siècles. La fin de la ZPL 5b correspond à une transition entre les deux dernières phases de paléopollutions identifiées P4 et P5. Les courbes isotopiques et anthropiques perdent la stabilité qui les caractérisait auparavant.

Enfin, au cours la zone PL5c, une nouvelle augmentation du taux total de pollen d'arbres se poursuit et s'intensifie. Avec presque 80% au niveau 4, ce total rejoint des valeurs qu'il n'avait plus égalées depuis la zone PL2b, c'est-à-dire le début de l'âge du Fer. Les essences concernées par cette augmentation sont le hêtre, le bouleau, le charme et le pin, accompagnées d'épicéa (*Picea*) et de sapin (*Abies*) en fin de zone. Parallèlement, les taux de Poacées et des autres herbacées diminuent rapidement. Les plantes cultivées, encore bien présentes jusqu'en milieu de zone (avec l'apparition du sarrasin – *Fagopyrum*), tendent à disparaître en approchant de la surface. Les apophytes suivent la même tendance, mais le plantain lancéolé et l'oseille restent présents jusqu'à la fin de l'enregistrement. La pollution atmosphérique prend ici une nouvelle ampleur, l'apport anthropique est très important et les signatures isotopiques se dirigent régulièrement vers un ratio plus bas. Ici, plusieurs facteurs sont susceptibles de se combiner. Localement, les archives témoignent d'une reprise de l'exploitation minière dans l'ensemble du Morvan (voir

chap.1.1.3.), mais ces pollutions locales sont « mélées » à une pollution plus globale, celle de l'ère post industrielle.

**Synthèse**

Avec plus de 4000 ans sur deux mètres de sédimentation, la séquence de tourbe du Port-des-Lamberts s'est révélée bien adaptée à l'étude de l'impact environnemental des activités humaines depuis la Protohistoire (les derniers 4500 ans) sur le couvert végétal du haut Morvan. L'étude conjointe de palynologie et de géochimie du plomb a donné des résultats très probants dans le cadre de la problématique paléométallurgique sur le massif du Morvan. Ces résultats ont déjà fait l'objet d'une diffusion importante, à l'occasion de publications scientifiques de rang international (Jouffroy-Bapicot *et al.* 2007, Monna *et al.* 2004), de congrès nationaux (Jouffroy-Bapicot 2007) jusqu'à la vulgarisation au niveau national ou régional (Forel *et al.* 2006, Jouffroy-Bapicot *et al.* 2009, Jouffroy-Bapicot *et al.* 2008, Monna *et al.* 2005). Cinq phases d'activités métallurgiques, du Bronze final à la période contemporaine, ont pu être mises en évidence. Toutes ont eu un impact relativement durable sur le couvert forestier, combinées ou non à des phases d'intensification des activités agropastorales.

Dès le début de la séquence, une première période de défrichement à vocation agro-pastorale, touchant le chêne, le pin et dans une moindre mesure le hêtre, concerne principalement le Bronze ancien (2300 à 1650 av. notre ère) (ZPL 1a et b). Au cours du Bronze moyen (plutôt après 1200 cal BP), le couvert forestier, principalement la hétraie, semble s'étendre à nouveau, même si les indices d'agriculture ne disparaissent pas complètement (ZPL 1c). Pour ces périodes, la séquence n'a pas enregistré d'indices géochimiques de pollution atmosphérique. Une première phase combinant des indices de défrichement touchant principalement le hêtre et des apports de micropolluants atmosphériques (P1), est attribuée au Bronze final (1350-850 avant notre ère). Les données archéologiques pour cette période sont encore lacunaires et consistent surtout en trouvailles isolées dans le Morvan (Chevrier 2002), hormis le site de Blanot (21), un riche dépôt votif du Bronze final, composé de vaisselle en bronze et de parures en or et en bronze (Thévenot 1991).

Ensuite durant le premier âge du Fer, les indices d'activités humaines, agro-pastorales comme paléométallurgiques diminuent sensiblement pour les premières et de façon plus franche pour

les secondes (ZPL 2b). En revanche, au second âge du Fer et surtout pour les deux derniers siècles de notre ère, des défrichements drastiques affectant principalement le hêtre sont corrélés à un apport important en plomb anthropique et une variation significative de sa signature isotopique (ZPL 3a et P2). Cet événement est en partie contemporain de l'occupation de l'*oppidum* de Bibracte (voir chap. 1.1.3), occupation au sein de laquelle l'activité métallurgique tient une part importante (Gruel et Vitali 1999, Guichard *et al.* 2004). De plus, les recherches archéologiques récentes menées par les équipes allemandes et anglaises rattachées au Centre Archéologique Européen du Mont-Beuvray (Creighton *et al.* 2006, Creighton et Moore 2007, Haupt *et al.* 2007) ont montré qu'une véritable agglomération occupait les abords proches de la vaste zone humide des sources de l'Yonne où se développent les tourbières des Sources de l'Yonne et celle du Port-des-Lamberts (voir aussi chap. 2.1.2). Cette occupation, qui en l'état actuel des connaissances semble très localisée dans le temps, de la fin de La Tène à l'époque augustéenne (soit environ entre 60 et 20 av. notre ère), mais dont l'emprise spatiale reconnue aujourd'hui dépasse 100 ha (voir fig. A3). L'installation de cette agglomération est aussi probablement l'une des causes (peut-être même la cause majeure) du ralentissement extrême de l'accumulation tourbeuse observée au Port-des-Lamberts (voir ci-dessus et fig. 11 et 2). Cette modification temporaire de l'accumulation tourbeuse, qui évoque un certain degré d'assèchement de la tourbière, est très probablement à mettre en relation avec les activités humaines enregistrées par les données paléoenvironnementales et reconnues par l'archéologie. La concentration pollinique des niveaux analysés peut être en grande partie attribuée à la compaction de l'enregistrement (plus d'années enregistrées par cm), mais on remarque qu'elle est aussi corrélée à une forte ouverture de la forêt environnante, ce qui permet un apport pollinique régional plus important et peut favoriser la pollinisation de certains taxons.

La baisse de fréquentation de l'environnement de la tourbière, évoquée par les assemblages polliniques et la baisse du plomb anthropique, qui intervient ensuite est en adéquation avec les données archéologiques et historiques. En effet, après la conquête romaine, l'*oppidum* de Bibracte est rapidement délaissé en la faveur de la nouvelle cité d'*Augustodunum* (Autun actuelle), fondation augustéenne à l'est du massif du Morvan, dans la vallée de l'Arroux. La vie économique, sociale, culturelle mais aussi l'artisanat métallurgique (Chardron-Picault et Pernot 1999) sont transférés dans la nouvelle «capitale» éduenne. Toutefois, il est difficile de saisir finement la chro-

nologie de l'enregistrement de la zone 3, concernant le second âge du Fer et l'époque romaine car elle est comprise dans la partie compactée de la stratigraphie (voir ci-dessus et fig. PL 1et 2).

Une nouvelle phase marquée par des défrichements importants et une présence grandissante des indices d'activités agro-pastorales caractérise le haut Moyen Âge, période pour laquelle les données archéologiques et historiques sont absentes. Il faut attendre le Moyen Âge central, autour des XI^e^-XII^e^ siècles, pour que viennent s'ajouter des indices géochimiques sûrs d'une nouvelle phase d'activités minières et/ou métallurgiques (P3). Elle représente la manifestation locale d'un essor des activités métallurgiques des X-XI^e^ siècles à l'échelle européenne. Malheureusement, ici encore, les données archéologiques locales font défaut, mais le diagramme pollinique du Port-des-Lamberts montre que la combinaison de ces différents types d'activités occasionne une exploitation intense de la forêt du haut Morvan.

L'histoire moderne et contemporaine de cette forêt débute avec une nouvelle augmentation de la représentation du hêtre, observée en zone PL5a. Elle pourrait correspondre aux débuts de l'exploitation des forêts seigneuriales pour le chauffage de Paris, dès la fin du XVI^e^ siècle. Le hêtre, excellent bois de chauffe, est alors favorisé (Vigreux 1994), et la forêt de Glux-en-Glenne, propriété de la famille d'Abboville, a été largement concernée par la production de bois de chauffe. La tourbière du Port-des-Lamberts est directement touchée par cette activité, dont elle tire son nom. Les «ports», étaient les lieux où l'on déchargeait et jetait à l'eau les bûches qui partaient pour le flottage. C'est ici le premier port sur l'Yonne, à quelques centaines de mètres de sa source. Deux étangs, dont les digues sont toujours visibles aujourd'hui, ont été aménagés en contrebas de la tourbière, pour réguler le cours de l'Yonne et effectuer des lâchers d'eau pour le départ du flot.

Au XIX^e^ siècle, la représentation pollinique de la hêtraie du haut Morvan est extrêmement basse. Même si la consommation de bois pour les activités minières et/ou métallurgiques ont leur part dans ce défrichement (P4), l'exploitation pour le bois de chauffe pour Paris est probablement la principale cause de l'effacement de la hêtraie. Toutefois, cette impression de disparition quasi-totale du hêtre dans la forêt environnante, avec un taux qui passe de 30% à moins de 5% sur une douzaine de centimètres, doit être pondérée. La forêt est alors exploitée en taillis furetés, un tiers des rejets sur souche étant prélevé tous les dix ans (Vaucoulon et Chiffaut 2004, Vigreux 1994). Ce type d'exploitation, qui conduit à un épuisement de la souche, a aussi certainement

des répercutions sur la production pollinique de l'arbre. Il faut donc imaginer une forêt avec une population de hêtres en taillis dont la production pollinique est très faible, avec des arbres certainement trop jeunes pour polliniser, plutôt d'un haut Morvan massivement déboisé.

Au cours de la ZPL PL5c, l'augmentation progressive du taux de pollen de hêtre, pourrait correspondre à l'arrêt complet de la production de bois de chauffe au début du XX$^{e}$ siècle. Le comportement d'autres taxons, telle l'augmentation des taux de résineux et notamment du pin, va dans le sens de cette datation. Des archives mentionnent les premières expériences de plantation de résineux dans le Morvan entre le milieu du XIX$^{e}$ siècle et le début du XX$^{e}$ (archives citées dans (Seguin 1988). De même, la reprise de la culture céréalière et l'apparition du sarrasin (*Fagopyrum*) dans le diagramme pollinique reflètent les cultures traditionnelles morvandelles du début du XX$^{e}$ siècle, avant l'installation quasi-exclusive de l'élevage bovin (Crosnier 1998).

Enfin, l'enrésinement du Morvan, replanté d'épicéas et de pins douglas depuis le début des années 60 (Vaucoulon et Chiffaut 2004), très visible dans le paysage, est ici peu perceptible. Peut-être à cause de la situation de la tourbière sur le bas des pentes du Mont Préneley, site classé et protégé de Bourgogne, où est encore préservée une belle hêtraie acidiphile typique du haut Morvan. Concernant les paléopollutions, environ 20% du plomb anthropique a été déposé avant notre ère, et 50% avant le XVIII$^{e}$ siècle. Ces données paléoenvironnementales montrent l'impact très important des activités préindustrielles de cette région, devenue aujourd'hui l'une des moins industrialisées de France. Un héritage qui doit être pris en compte dans les évaluations de la qualité de l'environnement actuel.

### 2.1.2 Tourbière des Sources de l'Yonne

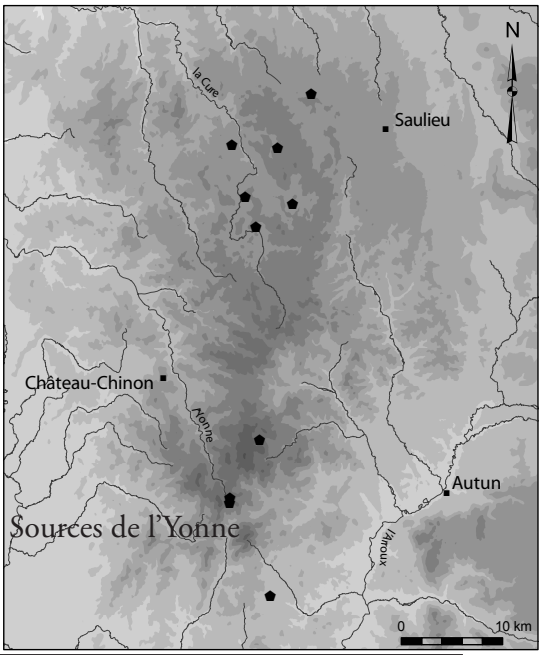
*Glux-en-Glenne (Nièvre)*

Forage octobre 2004

Coordonnées géographiques 46° 57' 23" N

04° 00' 36" E

Altitude : 738 m




La tourbière des sources de l'Yonne est située dans le haut Morvan, sur la commune de Glux-en-Glenne (département de la Nièvre). Elle appartient à un vaste site d'intérêt écologique majeur qui englobe également la tourbière du Port-des-Lamberts (voir fig. A.3.) et le Mont Préneley (855m), et qui fait l'objet de plusieurs mesures de protection (site Natura 2000 FR2600988) (2007). L'Yonne formée par plusieurs rus qui sourdent du substrat d'arène granitique au pied du Mont Préneley, va ensuite s'écouler vers le nord-est. C'est dans cette zone de sources que la zone tourbeuse se développe.

En plus de son intérêt environnemental, la tourbière des Sources de l'Yonne offre des conditions privilégiées pour l'étude des interactions Homme/milieu. Placée au cœur d'un site archéologique, avec une occupation reconnue de la fin de la Tène et du début du haut Empire, avec la persistence d'une fréquentation cultuelle de deux templs de tradition celtique (*fanum*) à quelques centaines de mètres des Sources (fig. 2.4 et fig. A.3.) (Bigeard 1996, Creighton *et al.* 2006, Haupt *et al.* 2007, Haupt *et al.* 2007) (voir fig. et chap 2.1.1). L'enregistrement en contexte naturel va alors permettre de saisir l'impact des rythmes et des modalités d'occupation de la zone sur l'environnement immédiat, sans pâtir des biais dont sont affectées les analyses polliniques des sédiments archéologiques (Richard 2005). Il faut bien sûr pour cela que l'accumulation tourbeuse ait été contemporaine de l'occupation humaine. Un premier diagramme réalisé par H. Richard en 1989 (Richard 1996), même s'il n'a pu bénéficier de datation absolue par le radiocarbone, donne une idée de la chronologie couverte par le remplissage sédimentaire. D'après

les assemblages polliniques, et par références aux analyses réalisées par Lemée (voir chap. 2.1.1 et (Lemée 1951, Richard 1996), l'enregistrement documenterait une période qui concerne peut-être la fin du Subboréal et plus certainement l'ensemble du Subatlantique. Ce qui implique la présence de niveaux contemporains des périodes d'occupations documentées par l'archéologie, soit les premiers siècles avant et après J.-C.

La tourbière proprement dite occupe une surface restreinte de quelques centaines de mètres carrés et la partie bombée une superficie encore plus restreinte, située au nord. Suite à une évaluation exhaustive des profondeurs selon plusieurs transects nord-sud et est-ouest, c'est dans cette zone bombée dominée par les buttes de sphaigne et de callune que les plus fortes épaisseurs de remplissage ont été observées. Une carotte d'1m22 a été prélevée à la sonde russe dans ce secteur.

**La séquence sédimentaire :**

**Tab. 2.3.** Datations radiocarbone par AMS

| Profondeur (cm) | Matériel | Code labo | Âge $^{14}$C BP | Dates calibrées BC-AD (2 sigma) |
|---|---|---|---|---|
| 45,5-46,5 | tourbe | Erl-11298 | 706 ± 35 | [1252-1388] cal AD |
| 54,5-55,5 | tourbe | Erl-11297 | 1006 ± 37 | [904-1154] cal AD |
| 82-83 | graines | Erl-11296 | 2059 ± 47 | [196 cal BC – 49 cal AD] |
| 109,5-110,5 | bois | Erl-11295 | 2341 ± 41 | [723-235] cal BC |

Datations réalisées au « AMS C14-Labor Erlangen » - Allemagne (Erl) et calibrées avec IntCal04 (Reimer *et al.* 2004)

Quatre dates radiocarbone par AMS effectuées sur la séquence ont permis l'élaboration d'un modèle âge/profondeur de type *Gam's model* (voir chap. 1.3.4.2. et fig. 2.5.). La stratigraphie, qui débute par une dizaine de centimètres de sédiments argileux de couleur grise, et qui est ensuite composée de tourbe plus ou moins argileuse et évoluée, couvre environ 3000 ans. La première date $^{14}$C réalisée à 110 cm de profondeur date le début de l'accumulation tourbeuse de la période de l'âge du Fer. Elle se situe malheureusement dans un laps de temps où les plateaux (ou paliers) de la courbe de calibration des dates $^{14}$C ne permettent pas une attribution chronologique précise (Evin et Oberlin 2005, Reimer *et al.* 2004). Cette première date ne constitue donc pas un repère suffisant pour évaluer la chronologie précise des niveaux antérieurs. La séquence présente ensuite une accumulation tourbeuse sans hiatus majeur apparant, avec toutefois

un ralentissement de la sédimentation entre 80 et 55 cm de profondeur et une dilatation assez importante des 15 derniers centimètres.

La carotte des Sources de l'Yonne a aussi fait l'objet d'une analyse de susceptibilité magnétique réalisée au Centre Archéologique Européen du Mont-Beuvray, par des étudiants du Master Pro 2 Archéosciences, sous la direction de Ch. Petit (voir chap. 1.3.4.1.). La courbe obtenue met en évidence des événements sédimentaires qui ne sont pas forcément perceptibles à l'œil nu. Cinq pics se succèdent au long de la séquence, évoquant l'apport de particules minérales dans la matrice majoritairement tourbeuse de la carotte (fig. 2.4.).

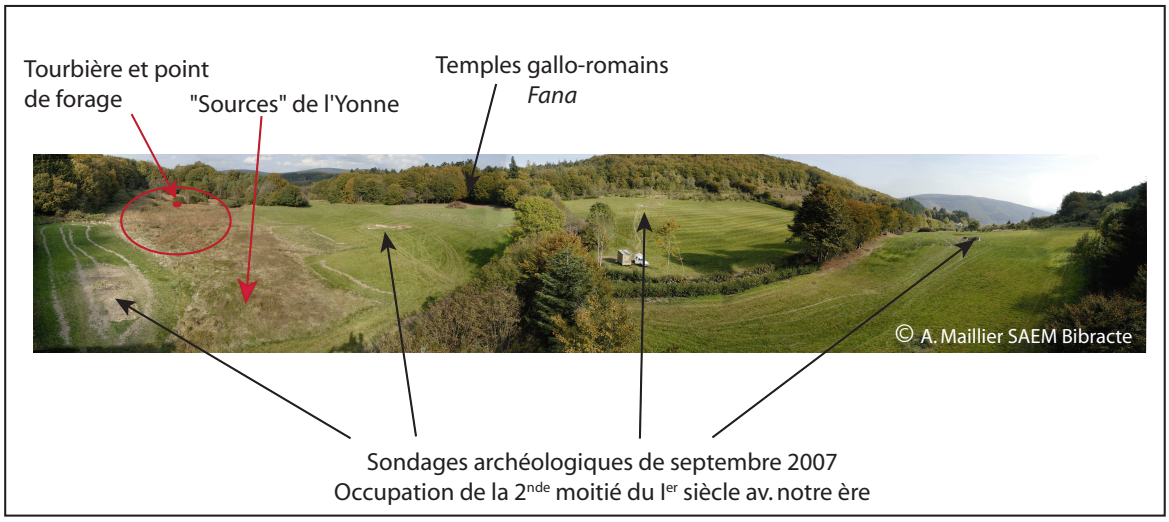



**Fig. 2.4.** La tourbière des Sources de l'Yonne, un site naturel en contexte archéologique

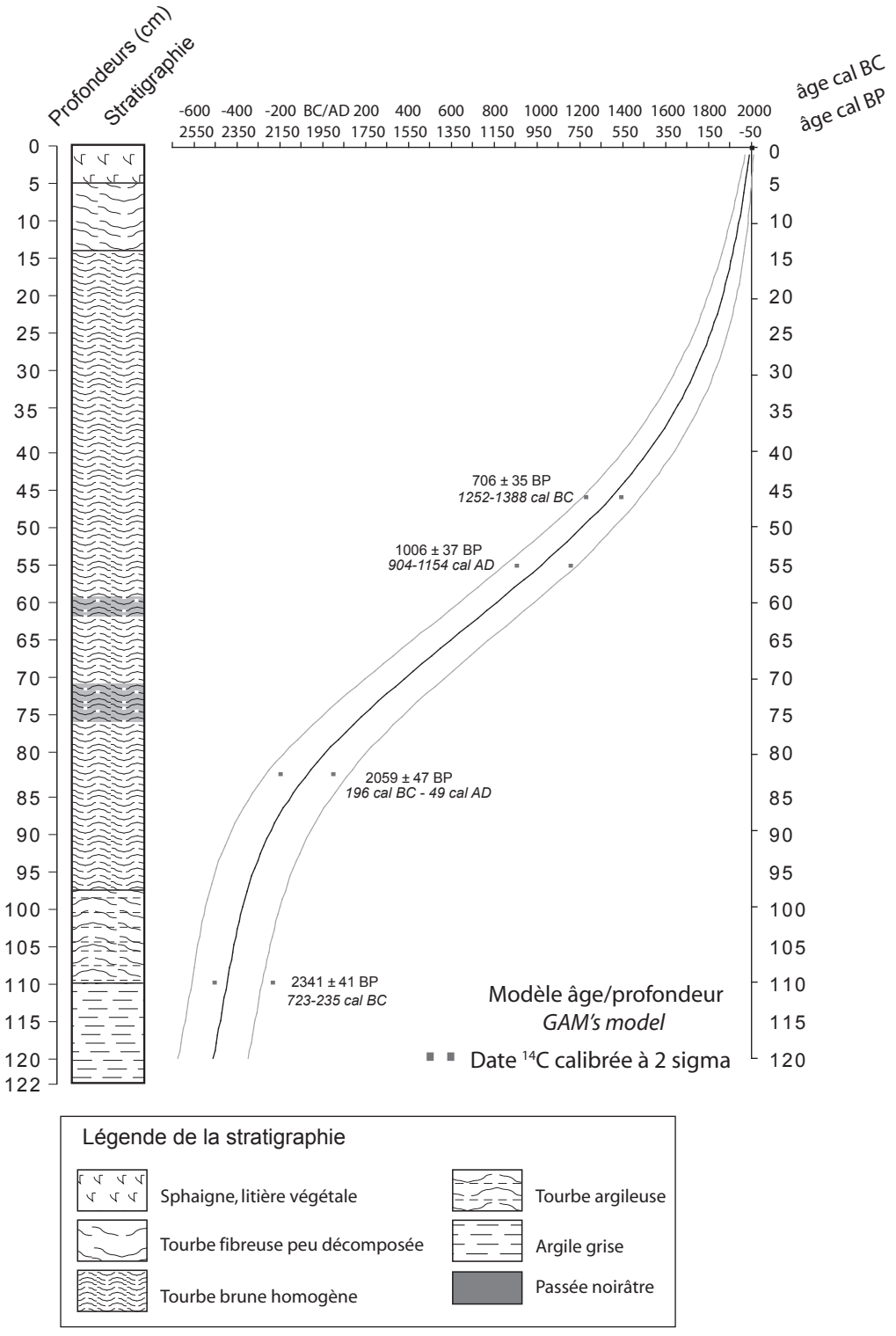



**Fig. 2.5.** La tourbière des Sources de l'Yonne, stratigraphie et modèle âge/profondeur

| ZPL | Prof. cm | Strate arboréenne | Strate herbacée | Microfossiles Non Polliniques |
|---|---|---|---|---|
| ***SY 4*** | 17 | - légère reprise de *Fagus*, sauf en surface où il est quasiment absent<br>- baisse régulière de *Quercus*<br>- augmentation de *Pinus* et présence d'*Abies* et *Picea*<br>- courbe régulière de *Castanea* jusqu'en surface. | - augmentation des Poaceae qui forment un pic spectaculaire en surface ; disparition des Cyperaceae en cours de zone<br>- forte dominance de *Potentilla*-type<br>- baisse régulière des plantes cultivées ; les apophytes restent plus présentes, notamment *Plantago lanceolata* et les Urticaceae<br>- important pic de *Calluna* en milieu de zone, qui reste bien présente en surface | - très forte augmentation globale des MNP identifiés et non identifiés<br>- quelques occurrences des types 130, 62 et 28<br>- les types 32a, 8b, 37 et353 en fin de zone mais pas en surface<br>- forte présence des T18 et 10<br>- occurrences des coprophiles avec un pic à -4 cm, notamment de T112a |
| ***SY 3b*** | 33 | - baisse régulière de *Fagus*<br>- légère hausse de *Quercus*<br>- faibles représentations de *Betula* et *Corylus*<br>- augmentation durable des courbes de *Carpinus* et *Castanea*<br>- présence de *Juniperus* en légère augmentation | - hausse de la courbe des Poaceae et présence toujours régulière des Cyperacae, autour de 20%<br>- bonne représentation des autres herbacées en quantité et diversité<br>- augmentation des anthropochores et des apophytes, présence de messicoles<br>- courbe continue de *Parnassia palustris* accompagnée de *Menyanthes trifoliata* en fin de zone | - présence toujours constante de T28 accompagné de T130 en fin de zone<br>- représentation constante de T44 et 126<br>- présence forte des coprophiles au 1er échantillon, qui vont rapidement presque tous disparaître |
| ***SY 3a*** | 49 | - l'augmentation régulière de *Fagus* se poursuit<br>- chute drastique de *Betula* et baisse plus progressive de *Corylus*<br>- légère augmentation de *Quercus, Pinus* et *Carpinus* en fin de zone<br>- présence plus marquée de *Castanea* et *Juglans* | - pic de Poaceae à -44 cm, puis augmentation des Cyperaceae<br>- pics de *Potentilla*-type, Ranunculaceae et Cichorioideae en début de zone<br>- présence relativement constante des IPA<br>- apparition d'une courbe de *Parnassia palustris* en cours de zone<br>- pic de *Sphagnum* en début de zone | - grande diversité des taxons identifiés<br>- T28 est constant, T31a seulement en début de zone<br>- pics des T44 et 18 en fin de zone<br>- présence constante de T27, plus importante en début de zone<br>- présence constante et diversifiée des coprophiles tout au long de la zone |
| ***SY 2d*** | 57 | - hausse de la courbe de *Fagus*<br>- augmentation spectaculaire de *Betula*, et plus limitée de *Corylus*<br>- baisse sensible de *Quercus*<br>- disparition de *Fraxinus* | - forte baisse des Poaceae<br>- relative stabilité des plantes cultivées, première occurrence de *Fagopyrum* en fin de zone ; légère baisse des Rubiaceae et de *Rumex*<br>- pic de spores monolètes en fin de zone | - T130 en début de zone et T28 en fin<br>- présence constante des types 16 et 44<br>- idem pour T18, qui augmente ponctuellement en milieu de zone |
| ***SY 2c*** | 69 | - chute régulière du total des arbres<br>- baisse brutale de la courbe de *Corylus*, suivie de celle de *Quercus*<br>- *Fagus* chute seulement en fin de zone | - nouvelle hausse des Poaceae<br>- bonne représentation de la strate herbacée dominée par les Ranunculaceae<br>- réapparition d'une courbe de *Cerealia*-type accompagnée de *Cannabis*-type puis de *Secale* ; présence de *Papaver rhoeas* en début de zone ; augmentation des apophytes notamment *Plantago lanceolata* et surtout *Rumex*<br>- les spores monolètes tendent à disparaître | - abondance de T181 en début de zone<br>- bonne représentation des coprophiles en 2nde partie de zone, notamment T112a, T368 et T3B |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***SY 2b*** 85 | | - nouvelle chute de *Fagus* (en dessous de 15%)<br>- augmentation des autres taxons, principalement en fin de zone : tout d'abord *Corylus*, puis *Salix*, *Betula* et *Carpinus*, et enfin *Quercus*<br>- *Castanea* et *Juglans* au dernier échantillon | - stabilité de la courbe des Poaceae, chute seulement au dernier échantillon ; pic de Cyperaceae en début de zone<br>- pic de *Potentilla*-type et de Cichorioideae ; légère baisse de Ranunculaceae et augmentation des Apiaceae et Dipsacaceae<br>- baisse continue des IPA, hormis un petit pic d'Urticaceae en début de zone ; disparition de *Cerealia*-type en fin de zone | - bonne représentation des algues en début de zone puis disparition<br>- T44 tend à disparaître<br>- T18 augmente et T126 réapparaît en fin de zone<br>- présence régulière de T55a et 3B, T112a en 2nde moitié de zone |
| SY 2a 97 | | - chute du taux de *Fagus* en début de zone (de 46 à 23%)<br>- *Alnus* continue à chuter<br>- nouvelle baisse de *Corylus* et décroissance régulière de *Quercus*<br>- baisse sensible et durable d'*Abies*<br>- première occurrence de *Castanea* | - forte augmentation des Poaceae, beaucoup plus légère des Cyperaceae<br>- augmentation des Ranunculaceae et des Caryophylaceae, courbes continues de *Potentilla*-type et Cichorioideae<br>- progression importante des IPA, notamment de *Cerealia*-type<br>- chute drastique des spores monolètes | - T130 constant, accompagné de T62 en fin de zone<br>- augmentation de T44 et présence régulière de T16 et 126<br>- occurrences régulières des types 55a, 112, 368… |
| SY1 b 109 | | - chute drastique d'*Alnus*<br>- baisse ponctuelle de *Fagus* en milieu de zone<br>- forte baisse de *Corylus*<br>- apparition de *Carpinus* | - légère augmentation des Poaceae, puis des Cyperaceae<br>- augmentation de la variété des autres herbacées<br>- augmentation des IPA présents en zone précédente | - présence régulière de T130<br>-T44 toujours important, accompagné de T360<br>- présence continue de T18 et T126<br>-présence discrète mais régulière du type T55a, accompagné d'occurrences de T112a, T113 |
| SY 1a 120 | | - large prédominance d'*Alnus*, et de *Fagus* entre 60 et 50%<br>- bonne représentation de *Corylus* et *Quercus* entre 15 et 20%<br>- courbe en baisse de *Fraxinus* et *Tilia*, présence continue d'*Abies* et *Pinus* | - bonne représentation des Poaceae en légère hausse, présence plus discrète des Cyperaceae<br>- courbes continues de *Filipendula* et des Ranunculaceae<br>- présence de *Cerealia*-type à -118 cm ; présence continue de *Plantago lanceolata* et des Rubiaceae<br>- forte représentation des spores monolètes | - faible représentation des MNP<br>- présence marquée et continue seulement de T44 |

**Tab. 2.4.** Description du diagramme pollinique, Zones Polliniques Locales (ZPL), et du diagramme des Microfossilles Non Polliniques (MNP) (sens de lecture : de bas en haut) Diagrammes A.4. et A.5.

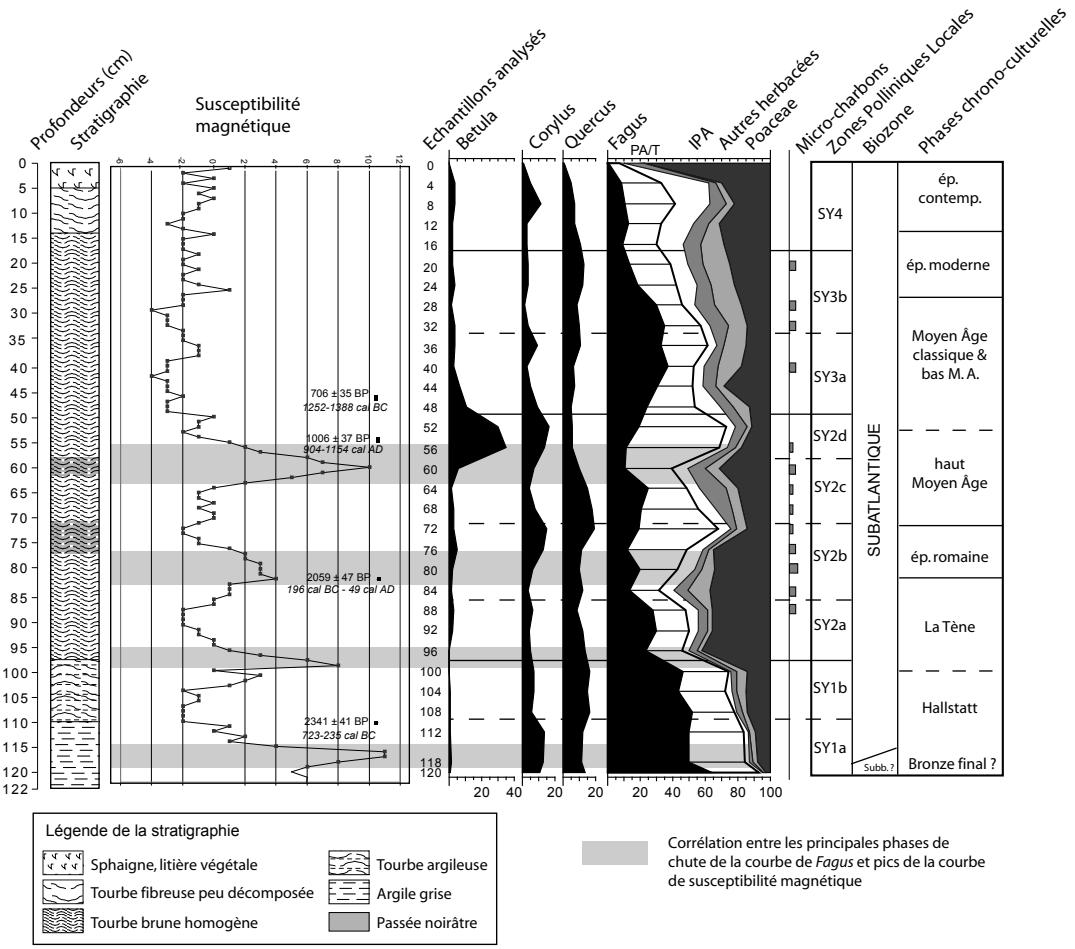



**Fig. 2.6.** Tourbière des Sources de l'Yonne - Courbe de susceptibilité magnétique et diagramme pollinique simplifié.

## Commentaire

Analyse des fig. A.4., A.5. et 2.6.

### ZPL SY1

Le début du diagramme pollinique de la tourbière des Sources de l'Yonne est marqué par une forte représentation du couvert forestier. Le hêtre (*Fagus*) y tient une place dominante (entre 50 et 60 %). Le chêne (*Quercus*) et le noisetier (*Corylus*), sont relativement constants, chacun autour de 15 % de la somme pollinique. Les fortes proportions d'aulne (*Alnus*) évoquent la présence d'une aulnaie dans cette zone des sources de l'Yonne. Le frêne (*Fraxinus*), relativement bien représenté en début de biozone SY1a, va ensuite décliner. Le tilleul (*Tilia*), le pin (*Pinus*) et le sapin (*Abies*) sont présents tout au long de la ZPL 1. La courbe des taxons herbacés, autour de 5% dans le premier échantillon, va augmenter légèrement au cours de la zone 1a, une augmentation largement conditionnée par celle des graminées sauvages (Poaceae). On note des courbes continues de reine-des-prés (*Filipendula*) et d'Apiacées, des taxons plutôt caractéristiques de la

mégaphorbiaie. Par ailleurs, le pollen de plantes apophytes est présent dès le premier échantillon analysé à -120 cm. Il s'agit principalement de plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*), de Rubiacées et d'oseille (*Rumex*). Dès le second échantillon (-118) des grains de pollen de céréales (*Cerealia*-type) apparaissent. Cette première occurrence est corrélée à une chute plus ou moins marquée de certaines essences, comme le hêtre, le sapin et le chêne. Les sédiments argileux qui composent la portion de carotte concernée par la zone 1a n'ont livré que peu de microfossiles non-polliniques (MNP). Seule la présence d'*Ustulina deusta* (T44), qui évoque la proximité de bois et de souches, est réellement significative. Dans cet environnement où les fougères sont aussi fortement représentées, sont donc décelables des indices d'activités humaines, à caractère plus agricole que pastoral. Ces traces d'anthropisation peuvent être attribuées à la fin de l'âge du Bronze comme au début de l'âge du Fer, l'absence de datation absolue ne permettant ici plus de précision.

La zone 1b est caractérisée par une baisse des taxons arboréens, qui va tout d'abord concerner le noisetier, le frêne et le sapin, puis de façon plus ponctuelle, le hêtre. La courbe de l'aulne montre une chute drastique et durable dès le début de la ZPL. Ces indices d'ouverture de la forêt sont accompagnés d'une légère hausse des graminées sauvages, puis des Cypéracées, ainsi que d'une diversification des taxons herbacés (apparition de 8 nouveaux taxons). L'augmentation des IPA est manifeste. Elle touche tout d'abord les céréales, le plantain et les Rubiacées en début de zone ; en fin de zone ce sont surtout les orties (Urticaceae) et l'oseille qui prennent de l'importance. La zone est aussi marquée par une augmentation sensible du nombre et de la quantité des microfossiles identifiés. On remarque la présence constante de zygospores de Spirogyres (T130), une algue verte, qui évoque un degré assez important d'humidité de la tourbière. On note toujours la présence d'ascomycètes parasites du bois (T360 et T44), mais aussi le développement important du type 18, champignon parasite de la linaigrette engainée (*Eriophorum vaginatum*). La représentation grandissante de mycélium de *Clasterosporium caricinum* (T126) indique la croissance de laîches (*Carex* sp.) à proximité du point de forage. Enfin, on retrouve des ascospores de différents champignons coprophiles tout au long de cette phase. Les Sordariales (T55a) sont discrètes mais constantes, accompagnées de *Cercophora* (T112a) en début de zone et de *Sporormiella* (T113) en fin de zone. Toutefois, c'est l'échantillon central (-104) qui enregistre le plus fort impact avec une grande variété d'ascomycètes coprophiles, même si ceux-ci restent relativement faibles en

quantité. Cet épisode d'anthropisation du couvert végétal, particulièrement marqué au milieu de la zone 1b, et où se mêlent indices polliniques et non-polliniques d'agriculture et d'élevage, se situe au début du second âge du Fer d'après le modèle âge/profondeur. Il est concomitant d'un pic de la courbe de susceptibilité magnétique, qui marque une augmentation des apports détritiques, probablement liée aux activités agropastorales.

**ZPL SY2**

La zone pollinique 2a débute par une chute drastique de la représentation du couvert arboréen, largement conditionnée par la chute du hêtre. L'aulne poursuit aussi la baisse progressive entamée au cours de la zone précédente. Parallèlement, le taux de Poacées augmente de façon spectaculaire. Plusieurs herbacées prennent une importance nouvelle, comme les potentilles (*Potentilla*-type), les Caryophyllacées, les composées de type Cichorioïdées… La courbe des céréales enregistre une forte augmentation pour atteindre 3% dans le dernier échantillon (-88), qui est aussi marqué par l'apparition de micro-charbons dans les palynofaciès. Les apophytes déjà présentes précédemment augmentent aussi, quoique de façon moins spectaculaire. Enfin, les spores de fougères chutent elles aussi de façon drastique, une chute probablement due à l'éloignement de la zone de lisière entre la forêt et la tourbière. Les assemblages de MNP sont assez proches de ceux de la zone précédente. La présence de Spirogyres, toujours relativement constante, est renforcée par l'apparition d'autres algues vertes du genre *Zygnema* (T62) en fin de zone, indiquant probablement une élévation du degré d'humidité, avec le passage à une tourbe plus organique visible dans la stratigraphie. Les quantités d'ascospores d'*Ustulina deusta*, augmentent encore, et atteignent ici un maximum. On peut supposer, que cette abondance est en partie liée aux défrichements qui laissent aux abords de la tourbière des souches et des peut-être des branches sur lesquels vont se développer des champignons xylophages ; par ailleurs, des ascospores de champignons coprophiles sont présentes en quantité et variété variables tout au long de la zone. Cette phase de défrichements et de mise en valeur agropastorale couvre une grande partie du second âge du Fer (probablement les IV$^{e}$, III$^{e}$ et II$^{e}$ siècles avant notre ère).

Si le début de la zone suivante (ZPL2b) est marqué par un minimum dans la représentation du couvert forestier, la tendance générale du reste de cette phase montre clairement une remontée de la courbe du total des arbres. Cette importance nouvelle est surtout le fait d'une augmentation du saule et du noisetier dans un premier temps, puis du chêne en fin de zone. La courbe

du hêtre est plus accidentée, alternant chutes et reprises successives. Les graminées sauvages restent stables par rapport à la zone précédente, dans des proportions assez importantes autour de 35 %. Les spectres herbacés sont dominés par un pic de potentille. Les plantes apophytes et anthropochores chutent tout au long de la zone, les baisses les plus spectaculaires étant celles des céréales et du plantain lancéolé. En revanche, l'ensemble des échantillons de la zone montre la présence - et même l'abondance en milieu de zone - de micro-charbons sur les lames polliniques. Les zygospores d'algues vertes, bien représentées dans le premier échantillon de la zone, vont disparaître durablement. En revanche, la diminution drastique d'*Ustulina deusta* intervient dès le début de la zone. L'augmentation du type 18 et de *Clasterosporium caricinum* en fin de zone, tendent à montrer l'augmentation de la présence de linaigrettes et de laîches sur la tourbière. Les Sordariales et *Pleospora* (T3b) accompagnées de *Cercophora* en seconde moitié de zone sont assez bien représentées, toutefois les coprophiles strictes que sont *Sporormiella* et *Podospora* ont disparu. Le maximum atteint par l'ouverture du milieu en tout début de zone est à nouveau corrélé à un pic de susceptibilité magnétique, daté de la fin du I$^{er}$ siècle avant notre ère par une date $^{14}$C située à 82-83 cm de profondeur. Il illustre probablement l'impact de l'occupation de la fin de La Tène récemment mise au jour par l'archéologie (fig. 2.4. et fig. A.3.). La nette déprise agropastorale qui lui fait suite affecterait donc l'époque gallo-romaine.

Une baisse continue de la courbe du total des arbres touche la ZPL 4c. Le chêne montre une décroissance régulière, accompagnée d'une chute du noisetier plus localisée dans le temps en première moitié de zone. À l'inverse, le hêtre augmente franchement et ne chutera de façon conséquente qu'au dernier échantillon (-60). La strate herbacée connait une représentation grandissante. Les Poacées augmentent régulièrement, et certaines herbacées prennent une place de plus en plus importante, comme la potentille, les Apiacées, les Renonculacées et, dans une moindre mesure, les Cichorioïdées. Les IPA retrouvent une forte représentation. Les céréales de type blé, orge et/ou avoine, réapparaissent en début de zone accompagnées de coquelicots (*Papaver rhoeas*-type) ; le seigle (*Secale*) et le chanvre (*Cannabis*-type) viennent rapidement s'ajouter à la représentation des plantes cultivées. Parmi les taxons rudéraux, tous en augmentation, la courbe de l'oseille forme un pic important. Les micro-charbons sont toujours présents même s'ils sont globalement moins abondants, sauf toutefois en toute fin de zone. Au niveau des MNP, les zygospores de spirogyres sont à nouveau constamment présentes. Les ascomycètes parasites du

bois sont aussi beaucoup mieux représentés et, même si *Ustulina deusta* l'est en moins grande quantité qu'en début de séquence, il est ici accompagné de *Byssothecium circinans* (T16). Alors que le type 18 connait une représentation en forte augmentation au cours de la zone, le type 126 tend à disparaître : les deux événements évoquent une augmentation de la population de linaigrette engainée et à l'inverse une baisse de celle des laîches à proximité du point de forage. Enfin, les ascospores de coprophiles ne sont présentes de façon significative que dans le dernier échantillon de la ZPL (-60). Mais cette présence est alors bien marquée, avec la concordance de Sordariales, de *Cercophora*, *Sporormiella* et *Podospora*, un assemblage qui évoque une pression pastorale assez importante. C'est peut-être dès la fin de l'Antiquité et plus probablement au début du haut Moyen Âge que cette nouvelle phase d'emprise agro-pastorale peut-être située d'après le modèle âge/profondeur. A 60 cm de profondeur, elle atteint un paroxysme dans l'impact des activités humaines sur le couvert végétal : ouverture du milieu, convergence des marqueurs d'agriculture et de pastoralisme, indices de feux marqués par la présence de micro-charbons et la couleur noire de la tourbe. Et c'est à cette même profondeur que la courbe de susceptibilité magnétique, en augmentation tout au long de zone, forme le pic le plus important de la séquence (fig. 2.6.).

Enfin, la dernière partie de la zone 2, la ZPL 2d, est marquée par une forte augmentation des taux de bouleau. Le noisetier suit la même tendance, mais de façon moins spectaculaire. Alors que les taux de chêne se stabilisent à un niveau assez bas (autour de 5/6%), le hêtre augmente à nouveau. Même si la représentation globale de la strate herbacée baisse (une baisse largement conditionnée par l'augmentation du pollen de bouleau), les indices d'anthropisation restent bien présents et une occurrence de sarrasin (*Fagopyrum*) vient s'ajouter en fin de zone aux plantes cultivées, relativement constantes depuis la phase précédente. La présence des micro-charbons s'amenuise et, parmi les MNP, les Spirogyres disparaissent et la présence des ascomycètes parasites, même si elle reste constante, montre des proportions moins importantes (c'est le cas du T18 par exemple). En revanche la diversité des coprophiles reste la même qu'en fin de zone 2c. Cette phase durant laquelle les impacts d'activités anthropiques restent importants, et où plusieurs indices évoquent un assèchement de la tourbière (la disparition des Spirogyres et le développement du bouleau), débute autour de l'an Mil et concerne principalement les XI$^{e}$ et XII$^{e}$ siècles.

**ZPL SY3**

En début de zone pollinique locale 3a, le bouleau chute brutalement et il va continuer à décroître tout au long de la zone, ainsi que le noisetier qui baisse aussi régulièrement. Le chêne, même s'il augmente légèrement, connait toujours une représentation modeste, entre 6 et 10%. L'augmentation du hêtre est quant à elle beaucoup plus significative, autour de 24% en début de zone, sa représentation avoisine 35% à la fin. Les courbes du pin et du charme augmentent en fin de zone et la présence des essences cultivées, châtaignier (*Castanea*) et noyer (*Juglans*), prend de l'importance. Au niveau de la strate herbacée, ce sont tout d'abord les graminées sauvages qui connaissent un pic de représentation, puis les Cypéracées augmentent de façon durable. Les courbes de la potentille, des Renonculacées et des Cichorioïdées augmentent en même temps que celle des Poacées. Le premier échantillon de la zone est aussi marqué par une forte présence de céréales (plus de 3%), et ce sont ensuite les courbes de seigle et de chanvre qui augmentent. Enfin, ce début de zone est aussi marqué par un pic de spores de sphaignes (*Sphagnum*), puis par l'apparition d'une courbe ténue mais continue de parnassie-des-marais (*Parnassia palustris*). La quantité et surtout la variété des microfossiles non-polliniques augmentent considérablement. On voit apparaître un assemblage de micro-organismes, qui bien que relativement ubiquistes en zone humide, sont plutôt associés à des phases de tourbières évoluées comme les thèques d'amibes (*Amphitrema flavum* T31a qui évoque un taux d'humidité importante), des fructifications de *Microthyrium* (T8b), des enveloppes de rotifères (*Callidina angusticollis* T37), ou encore des cocons de *Turbellaria* (T353). La présence en nombre de linaigrettes engainées et de sphaignes à proximité du point de forage est illustrée par la forte représentation de leurs parasites, respectivement T18 et *Tilletia sphagni* (T27). Ils suivent une dynamique inverse qui tend à indiquer une forte croissance de la sphaigne en début de zone (corroborée par le pic de spores de *Sphagnum*), puis une augmentation de la linaigrette plutôt en seconde partie de zone. La représentation des champignons coprophiles est à la fois constante et variée tout au long de la zone : *Chaetomium* sp. est constamment présent, *Podospora* apparaît rapidement, et *Cercophora* remplace *Sporormiella* au dernier échantillon. Les Sordariales augmentent mais n'atteignent pas des taux élevés comme c'est le cas sur d'autres séquences. Si l'eutrophisation du milieu est manifeste, le niveau trophique de la tourbière semble alors plutôt mésotrophe comme en témoigne l'apparition et

la forte augmentation du type 124, cf. *Persiclospora*. Une date $^{14}$C à 46 cm de profondeur et le modèle âge/profondeur permettent de situer cette zone du XIII$^{e}$ au XV$^{e}$ siècle.

La courbe du hêtre va chuter de façon importante tout au long de la zone 3b, entraînant une baisse proportionnelle de la courbe globale du total des arbres. Les autres taxons sont relativement stables, seul le noisetier connait la même tendance à la baisse, et le chêne augmente même légèrement. Le pin et le charme sont bien représentés et le châtaignier affiche des taux en augmentation, relativement constants autour de 1 et 2%. Comme au Port-des-Lamberts à la même époque, l'interprétation de l'augmentation du châtaignier (mais aussi peut-être du charme et encore plus du pin), ne doit pas forcément se faire que dans le sens d'une population plus importante de cette essence dans cette partie du haut Morvan. Elle peut aussi résulter d'une plus grande part des apports polliniques régionaux favorisés par l'ouverture du milieu (voir chap. 2.1.1.). Tout au long de la zone, les Cypéracées restent bien représentées, avec des taux autour de 15%. Les graminées sauvages augmentent régulièrement, de même que plusieurs herbacées comme la potentille, les Apiacées, les Renonculacées et dans une moindre mesure les Cichorioïdées. Alors que les plantes rudérales (plantain et oseille principalement) restent relativement stables, les plantes cultivées sont encore en augmentation : le seigle est particulièrement bien représenté en première partie de zone et de nouvelles occurrences de sarrasin apparaissent dans les derniers échantillons. Les taux de pollen de parnassie-des-marais sont toujours discrets, ils sont accompagnés d'occurrences de grains pollen de trèfle d'eau (*Menyanthes trifoliata*) à 24 cm de profondeur. Par ailleurs, les zygospores de Spirogyres reviennent en nombre relativement important en fin de zone. La quantité et la diversité des ascomycètes identifiées et non identifiées sont en baisse par rapport à la phase précédente. C'est le type 18 qui domine clairement, montrant une présence probablement assez importante de la linaigrette engainée. La présence discrète mais constante de *Clasterosporium caricinum* évoque aussi la croissance de laîches sur la tourbière. Si les coprophiles sont encore bien représentés en début de zone, notamment dans le premier échantillon, ils se raréfient rapidement, conférant à la zone 3b un caractère plus agricole que pastoral. Cette phase, qui peut être attribuée aux XVII$^{e}$ et XVIII$^{e}$ siècles d'après le modèle âge/profondeur, enregistre le déclin progressif de la hêtraie, contemporain de l'apogée de l'exploitation de la forêt morvandelle pour le chauffage de Paris.

**ZPL SY4**

La dernière zone pollinique locale de la séquence montre une légère remontée de la représentation du couvert forestier, malgré la chute progressive du chêne. Les taux de hêtre se stabilisent autour de 10%, avant de chuter dans les deux derniers échantillons. Le pin augmente régulièrement mais très légèrement, accompagné d'occurrences irrégulières de sapin et d'épicéa. Le charme et le châtaignier restent bien représentés, le noisetier augmente de façon ponctuelle en milieu de zone. La part du couvert herbacé reste prépondérante, bien que les Cypéracées diminuent de façon drastique, jusqu'à quasiment disparaître en surface. A l'inverse, les graminées montrent une tendance à la hausse, une hausse particulièrement sensible dans le dernier échantillon. Les potentilles et la callune marquent la zone par les pics importants que forment leurs courbes respectives. Les indices d'anthropisation, et notamment ceux liés à l'agriculture, connaissent une forte représentation en début de zone, avec un maximum à 12 cm de profondeur, où des grains de pollen de maïs (*Zea mays*) ont aussi été identifiés. Mais ils vont ensuite décliner et le chanvre puis le seigle disparaissent. Seules les orties augmentent franchement en fin de séquence. Le diagramme des microfossiles non-polliniques montre aussi un enregistrement en deux temps. Dans la première moitié de la ZPL 4 les Spirogyres sont toujours présents, accompagnées de *Mougeotia* (T62) à -12 cm. Les parasites du bois (T16 et T44) sont discrets mais constants. Les taxons les plus fortement représentés sont alors le type 18 et les conidies de type 10, parasite racinaire de la callune. Avec le pic de pollen de cette Ericacée, la présence du parasite évoque un état d'évolution avancé de la tourbière dont la surface s'assèche suffisamment pour que la callune se développe. En milieu de zone, les champignons coprophiles réapparaissent en quantité modeste, mais tout de même avec une grande variété, puisqu'ont pu être identifiés : des Sordariales de type 55a, *Cercophora*, *Sporormiella*, *Podospora* et *Pleospora*. Les ascosopes de champignons coprophiles vont surtout marquer l'échantillon -4, qui enregistre une proportion particulièrement importante de *Cercophora*. L'échantillon de surface ne livre ensuite qu'une quantité bien moindre de spores de ce dernier, et il est seulement accompagné de Sordariales. Cette dernière ZPL, avec la présence de taxons introduits récemment comme le marronnier (*Aesculus*), le maïs, puis l'ambroisie (van der Knaap *et al.* 2000) montre un enregistrement des 15 derniers centimètres qui va probablement de la fin du XIX$^{e}$ siècle au début du XXI$^{e}$. La phase à forte présence de coprophiles, est à mettre en relation avec la présence de jeunes génisses charolaises en pâturage extensif aux Sources de

l'Yonne l'année de l'extraction de la carotte analysée (2004). La baisse de ces marqueurs dans le niveau de surface est probablement due au fait que l'échantillon de surface a été prélevé de façon indépendante, en 2007, lors d'une seconde phase de travail aux sources de l'Yonne, alors que la présence des bovins s'était interrompue les années précédentes.

**Synthèse**

La séquence analysée permet de suivre l'histoire du couvert végétal autour des sources de l'Yonne durant les trois derniers millénaires. Elle est donc bien adaptée à l'étude des impacts des activités anthropiques dans ce secteur du haut Morvan, de la fin de l'âge du Bronze jusqu'à nos jours. Plusieurs phases d'anthropisation du couvert végétal sont perceptibles dès le début de la séquence, mais comme on a pu le voir plus haut, ces phases les plus anciennes sont difficiles à dater précisément, situées probablement entre le Bronze final et le premier âge du Fer (SY 1).

La chute du pollen de hêtre qui intervient à partir de l'échantillon -96 est en revanche mieux datée. Elle concerne le second âge du Fer, et peut donc être mise en relation avec l'occupation du site reconnue par l'archéologie. Les premières étapes de l'étude du mobilier céramique recueilli lors des prospections réalisées autour des Sources de l'Yonne montrent une occupation d'assez courte durée, principalement centrée sur la fin de La Tène et l'époque augustéenne (Haupt *et al.* 2007). Les données paléoenvironnementales montrent l'existence d'un impact humain important sur le couvert végétal qui débute plus tôt au cours du second âge du Fer (SY 2a). Les indices polliniques et non-polliniques indiquent la proximité de mises en culture et, dans une moindre mesure, d'élevage. Toutefois, la proximité entre la tourbière des Sources de l'Yonne et celle du Port-des-Lamberts (chap. 2.1.1), où les traces de pollution atmosphérique ont été décelées par l'analyse géochimique, nous permet d'envisager ici aussi l'impact des activités paléométallurgiques parmi les causes de la chute de représentation de la hêtraie. Comme aux Port-des-Lamberts – mais de façon moins brutale, le rythme de l'accumulation tourbeuse se ralentit à la transition entre la fin del'âge du Fer et le début de l'époque gallo-romaine, soit au dessus de 80 cm de profondeur sur la carotte. Ce ralentissement est probablement dû à un effet de perturbation des écoulements du bassin versant, provoqué par la construction de l'agglomération qui vient cerner en partie la zone humide (fig. A.3.).

L'enregistrement paléoenvironnemental montre ensuite une nette déprise agropastorale de cette partie du haut Morvan pour la période post-augustéenne, du I^er^ au IV^e^ siècle de notre ère. Pourtant, la fréquentation des Sources de l'Yonne ne s'interrompt pas durant les quatres premiers siècles de notre ère. L'Homme y est toujours présent, au moins pour des motifs religieux, comme en témoigne la présence de temples de type *fanum* à quelques centaines de mètres de la tourbière (Bigeard 1996, Péquignot et Picard 1983, Péquignot *et al.* 1996). De même, tout au long de l'époque gallo-romaine, la présence constante d'indices polliniques d'exploitation de la forêt -notamment du hêtre- ainsi que celle de micro-charbons (SY 2b), évoquent une déforestation dans laquelle les pratiques de feux ont une part importante (feux de branchages, entretien des futaies, charbonnages… ?), mais qui n'a pas vocation à conquérir de nouvelles terres agricoles.

Dès le début du haut Moyen Âge (et peut-être à la fin de l'Antiquité tardive, entre le IV^e^ siècle et le V^e^ siècle) on observe une reprise des activités agro-pastorales et celles-ci vont perdurer tout au long du Moyen Âge. Les cultures du seigle puis du chanvre apparaissent dès le début de cette période. Comme au Port-des-Lamberts on est ici en présence d'une occupation mérovingienne puis carolingienne du haut Morvan qui n'est pas documentée par les sources archéologiques et historiques.

Du XIII^e^ au XV^e^, on voit la hêtraie reprendre de l'importance, sans que pour autant les indices d'anthropisation ne faiblissent. Au contraire, les marqueurs d'agriculture et de pastoralisme sont plus forts qu'auparavant. C'est aussi une phase durant laquelle la tourbière semble plus active, avec un degré d'humidité plus important (SY 3a).

Enfin, la dernière grande phase d'impact anthropique sur le couvert végétal est moderne puis contemporaine. L'exploitation de la hêtraie pour le chauffage de Paris, qui a d'abord favorisé cette essence, provoque du XVII^e^ au début du XX^e^ siècle, une chute spectaculaire de la représentation pollinique du hêtre (SY3b).

Enfin, il faut noter que tout au long de la séquence, une corrélation remarquable peut être observée entre les pics de susceptibilité magnétique et les plus fortes chutes du taux de pollen d'arbres et plus particulièrement de hêtre (fig. 2.6.). Ces pics correspondent à des apports détritiques dans la tourbière, occasionnés par un environnement plus largement ouvert et donc plus exposé aux phénomènes d'érosion.

La reprise d'investigations archéologiques autour de la tourbière ces dernières années (prospection et sondages en 2007-2008 et reprise des fouilles prévues à partir de 2011), nous amènera à approfondir l'étude de cette séquence des sources de l'Yonne. Ce travail s'intègre aux programmes pluriannuels du Centre Archéologique Européen du Mont-Beuvray concernant les sites qui présentent apparemment des liens forts avec la ville laténienne et augustéenne de Bibracte. Une analyse pollinique à plus haute résolution est prévue pour saisir plus finement les dynamiques végétales en rapport avec une évolution naturelle ou conditionnée par l'Homme. En effet, la confrontation entre les deux diagrammes existants pour les Sources de l'Yonne (la présente étude et le diagramme réalisé par H. Richard - 1996), montre qu'il faut resserrer la maille de lecture de séquences aussi peu dilatées, pour saisir des événements plus ou moins ponctuels. Même si les grandes phases d'évolution de la végétation se retrouvent d'un diagramme à l'autre, des fluctuations de plus courte durée, et donc enregistrées sur une faible épaisseur de tourbe, peuvent être manquées. C'est peut-être le cas de l'augmentation du taux de bouleau qui marque les XI$^{e}$ et XII$^{e}$ siècles sur le diagramme présenté ici et absente de celui d'H. Richard ; à l'inverse, un pic de noisetier enregistré sur la séquence de 1989 (zone 3), n'est pas présent sur notre séquence. C'est surtout l'occasion d'affiner la perception pollinique des rythmes de l'impact des différentes activités humaines sur le site dans un contexte particulièrement propice à la confrontation des données archéologiques et paléoenvironnementales.

Les conclusions de l'étude palynologique antérieure aboutissaient à des datations de phases sensiblement différentes des nôtres, puisque la phase 3, caractérisée par une forte anthropisation est datée par l'auteur de l'âge du Fer et de l'époque romaine, suivie d'une déprise en phase 4, attribuée au haut Moyen Âge. La comparaison entre ces deux diagrammes, réalisés à 15 ans d'intervalles, montre l'importance des datations absolues. La difficulté du charme à s'installer dans le haut Morvan cristallin (voir chap. 3.2.) rend périlleuse l'utilisation de ce taxon calcicole pour dater le début du Subatlantique et donc le début concordant de l'âge du Fer, alors qu'il se révèle un excellent marqueur chronologique dans d'autres régions comme le massif jurassien par exemple (Gauthier 2004). L'auteur était d'ailleurs parfaitement conscient de ces limites qu'il rappelait en ces mots dans le paragraphe de conclusion : « *Ces propositions doivent être prises avec précaution puisqu'elles ne sont basées que sur un seul sondage et qu'aucune date radiocarbone n'a été faite sur cette séquence* ».

Enfin, l'analyse d'autres séquences prélevées aux Sources de l'Yonne, est aussi prévue afin d'étudier la dynamique de formation de la tourbière, et le rôle éventuel de l'impact des activités humaines dans l'origine de l'accumulation sédimentaire et dans le processus de turbification. Dans le Massif central oriental, l'origine anthropique de la turfigénèse a pu être mise en évidence a plusieurs reprise par (Cubizolle 2005). Dans le Morvan, c'est une question qui se pose pour d'autres tourbières du massif et qui sera envisagée globalement dans un chapitre de synthèse (voir chap. 3.1.). Dans le haut Morvan, les deux tourbières du Port-des-Lambert et des Sources de l'Yonne, distantes de seulement 600 mètres à vol d'oiseau et s'inscivant dans le même bassin versant, seront envisagées ensemble. D'après les deux séquences étudiées, la turbification semble plus précoce au Port-des-Lamberts, qu'en amont aux Sources de l'Yonne.

### 2.1.3. Tourbière du Grand-Montarnu

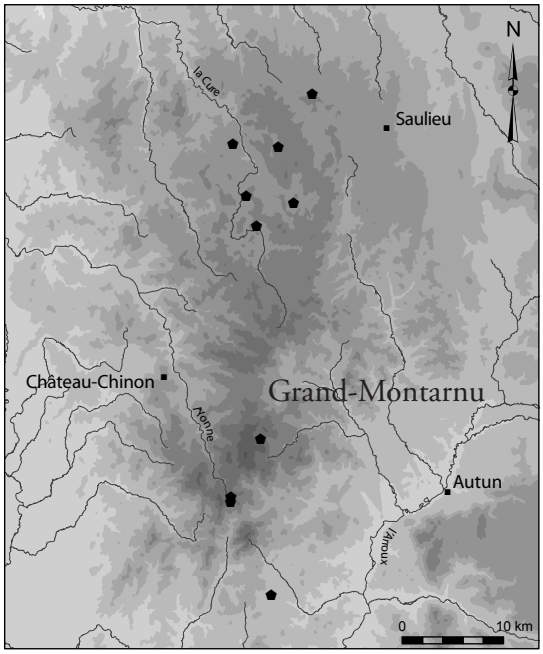
*Arleuf (58)-Roussillon-en-Morvan (71)*

Forage : octobre 2003

Coordonnées géographiques :47°00’41 N

4°03’12 E

Altitude : 771m




Avec une altitude de 771m, la tourbière du Grand-Montarnu est la plus haute que nous ayons étudiée sur le massif du Morvan. La zone humide, qui couvre une dizaine d’hectares, occupe une cuvette sur le versant nord du Haut-Folin, point culminant du Morvan (901 m). D’origine topogène, la tourbière donne naissance à un petit ruisseau affluent de la Cure et elle est parcourue par plusieurs petits rus au fonctionnement plus ou moins temporaire. Localisée dans un important massif forestier, la tourbière est aujourd’hui cernée par une plantation d’épicéas, qui occupe aussi une grande partie de la zone humide et la divise en deux clairières. La première, située au nord sur une pente assez forte, présente de faibles épaisseurs de tourbe sur lesquelles pousse une végétation de bas-marais (principalement jonçaie acutiflore). Dans le secteur sud, la seconde clairière, installée dans une dépression, présente un milieu plus oligotrophe qui a favorisé le développement d’une zone de tourbière bombée, caractérisée par une callunaie à linaigrette engainée (*Eriophorum vaginatum)*... (Agou *et al.* 1997). C’est dans ce secteur, où les épaisseurs de tourbe les plus importantes ont pu être observées (d’1 m à 1,20 m), que nous avons réalisé un forage qui a permis l’obtention d’une carotte de 97 cm de longueur.

**La séquence sédimentaire :**

**Tab. 2.5.** Datations radiocarbone par AMS

| Profondeur (cm) | Matériel | Code labo | Âge $^{14}$C BP | Dates calibrées BC-AD (2 sigma) |
|---|---|---|---|---|
| 14-15 | tourbe | Poz-13091 | 730 ± 30 | [1220-1300] cal AD |
| 18-20 | tourbe | Poz-20338 | 1365 ± 30 | [610-700] cal AD |
| 23-24 | tourbe | Poz-20289 | 1845 ± 30 | [80-240] cal AD |
| 35,5-36 | tourbe | Poz-13160 | 2920 ± 40 | [1270-1000] cal BC |
| 56-58 | tourbe | Poz-20339 | 3375 ± 30 | [1750-1600] cal BC |
| 61,5-62,5 | tourbe | Poz-13094 | 4290 ± 40 | [3030-2870] cal BC |
| 80-81 | tourbe | Poz-13093 | 5750 ± 40 | [4710-4490] cal BC |

Datations réalisées au Poznan Radiocarbon laboratory - Pologne (Poz) et calibrée avec Oxcal v3.10 (Bronk Ramsey 2005)

La réalisation de 7 dates radiocarbone sur un peu moins d'un mètre de sédiment a permis l'élaboration d'un modèle âge/profondeur de type *Gam's model* (chap. 1.3.4.2) pour l'ensemble de la séquence. La compaction de l'enregistrement justifiait cet investissement en datation. En effet, la séquence du Grand-Montarnu, dont l'enregistrement débute dans un environnement caractéristique de la biozone du Boréal (assemblages polliniques dominés par le noisetier - *Corylus*), concerne une grande partie de l'Holocène, ce qui représente environ 8000 ans, enregistrés sur moins d'un mètre de sédiment ! Toutefois, les deux dates situées à -62 et -57 cm de profondeur, mettent en évidence l'existence d'un hiatus sédimentaire que nous proposons de placer entre les profondeurs -60 et -59, d'après les assemblages polliniques (ruptures dans les courbes de *Betula*, *Alnus*, *Tilia* et *Fagus* principalement). Il concerne la période comprise entre la première moitié du 3$^{e}$ millénaire et les débuts du 2$^{e}$ millénaire avant notre ère, ce qui implique une lacune d'informations pour une grande partie du Néolithique Final et du Bronze ancien. Le modèle âge/profondeur montre un taux d'accumulation très proche entre le bas de la séquence, de 97 à 60 cm et celui situé après 42 cm et jusqu'en surface. Entre les deux, la zone de hiatus est immédiatement suivie d'une phase d'accumulation tourbeuse beaucoup plus importante. L'interprétation de cet évènement, très probablement local au niveau de la tourbière, voire micro-local au niveau du point de forage, et qui n'est pas corrélé à un changement de sédiment, est délicate. Il peut tout aussi bien résulter d'un arrachement de sédiments que d'un arrêt de la sédimentation. La première hypothèse semble la plus plausible au regard de la dilatation qui suit l'événement, avant que l'accumulation ne retrouve le même rythme que sur la partie antérieure au hiatus (fig. 2.7.). Une explication plausible pourrait être la formation d'un chablis provoqué par la chute d'un arbre installé sur la tourbière (aulne ou bouleau), au réseau racinaire forcément superficiel. Une chute qui pourrait avoir eu une cause naturelle (intempérie, sénilité…), ou anthropique

(basculement d'un arbre lors de défrichements), et la dépression ainsi formée se serait ensuite remplie rapidement. Toutefois, les données dont on dispose ne permettent pas de trancher ; si les processus d'accumulation de tourbe sont aujourd'hui largement connus et documentés, les processus d'érosion semblent moins faciles à cerner. Et, si pour les périodes les plus récentes, l'impact des activités humaines est le plus souvent évoqué comme facteur d'érosion de tourbe, les origines naturelles restent possibles (Charman 2002).

Pour l'analyse pollinique, la compaction des sédiments sur la séquence du Grand-Montarnu, nous a amené à resserrer la maille de l'analyse pollinique à 2 cm, de la profondeur -80 à la profondeur -64, et à 1cm à chaque fois que c'était possible entre les niveaux -64 et -10.

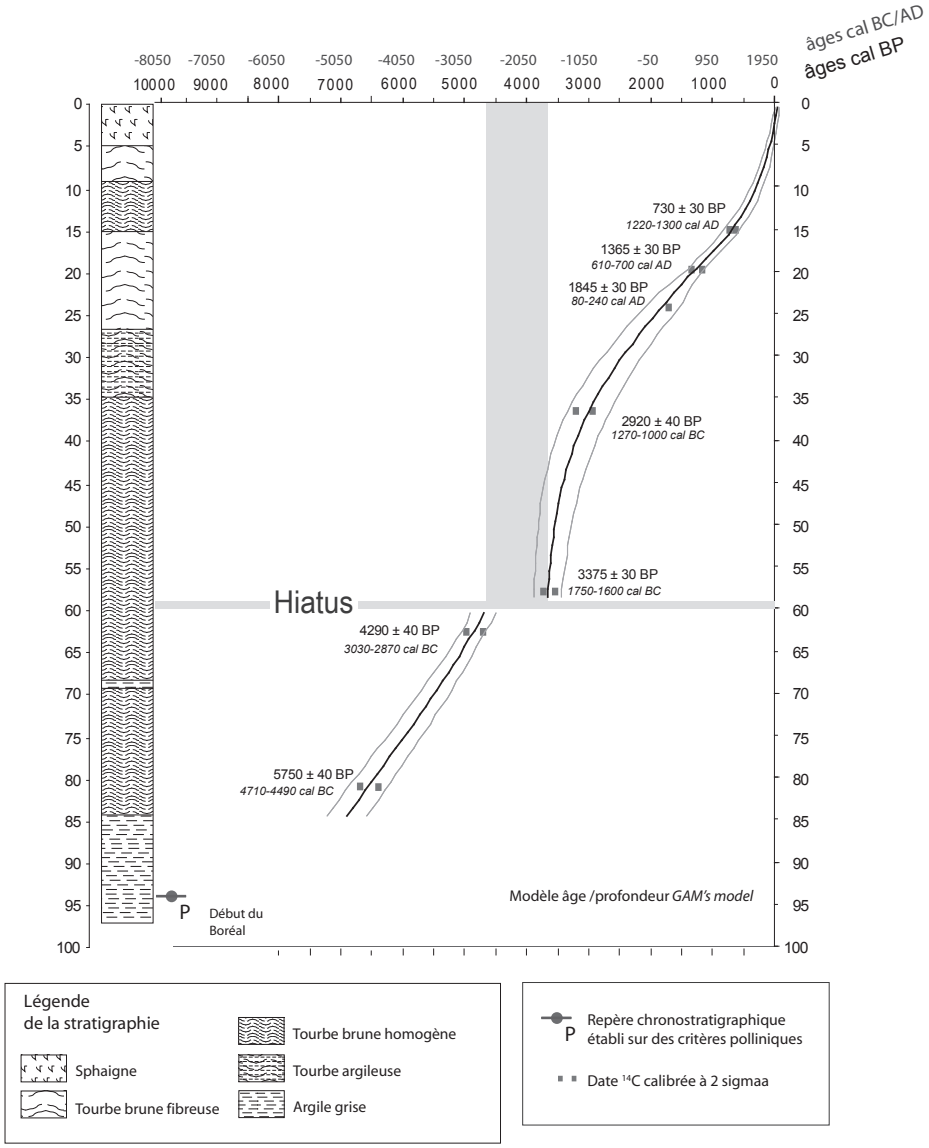



**Fig.2.7.** Tourbière du Grand-Montarnu - Stratigraphie de la carotte et modèle âge/profondeur

La tourbière du Grand-Montarnu fait partie des trois sites morvandiaux (avec Port-des-Lamberts, chap. 2.1.1. et Verny-des Brûlons, chap. 2.2.6.) qui ont également fait l'objet d'une analyse géochimique (voir chap. 1.3.4.2.). Cette séquence a été choisie non seulement à cause de sa proximité avec la première tourbière analysée au Port-des-Lamberts (Glux-en-Glenne) (ci-dessus chap. 2.1.1.), mais aussi pour sa situation dans un secteur où l'exploitation diachronique de filons minéralisés est avérée. Ce secteur d'environ 3 km de longueur présente un potentiel métallogénique varié, fait de pyrite, Fe, Pb, Zn, Cu. On y retrouve notamment des formations à « chapeaux de fer développées au-dessus de filons de quartz pyriteux » (Tamas et Cauuet 2004).

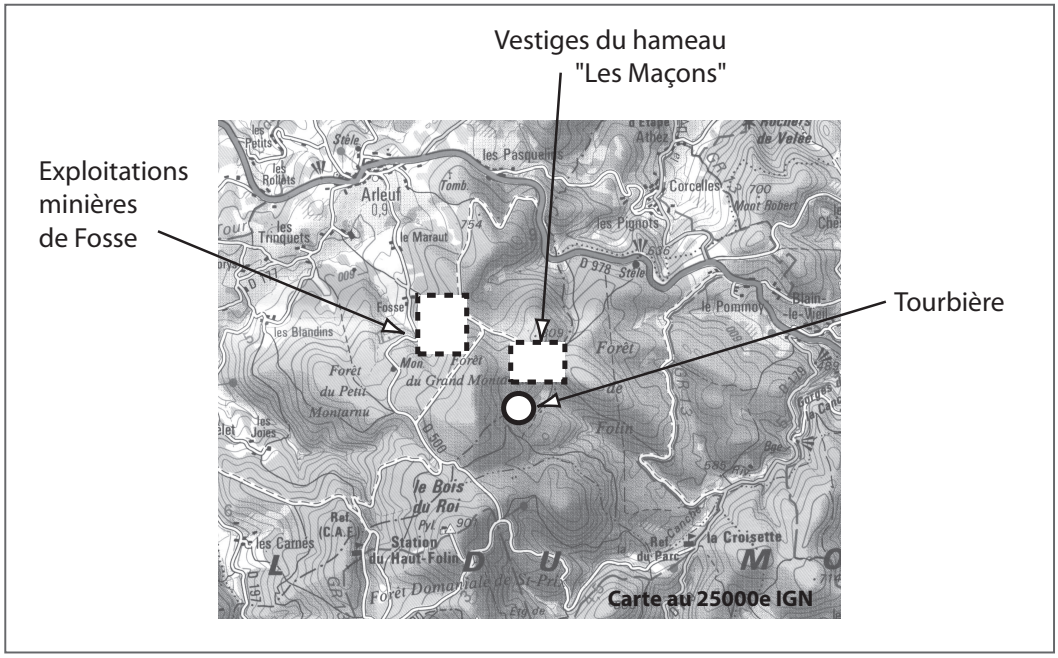



**Fig.2.8** Localisation de la tourbière et des sites miniers du Grand-Montarnu

Des vestiges de l'exploitation de ces ressources polymétalliques ont été observés en deux endroits au moins (fig. 2.8.) :

- Au hameau aujourd'hui ruiné de « Les Maçons », on retrouve de nombreux entonnoirs et fosses oblitérées, résultat probable d'exploitations minières à ciel ouvert dont on ignore la chro-

nologie. Les investigations conduites par le BRGM y ont montré l'existence d'une minéralisation en Pb, Zn, Cu et Ag (renseignement oral Cl. Gourault – Univ. de Bourgogne).

- A Fosse, une exploitation des chapeaux de fer a duré de 1840 à 1850 pour approvisionner les forges régionales d'Imphy (Nièvre) et du Creusot (Saône-et-Loire) (Delfour *et al.* 1991). Les prospections menées dans la forêt du Grand-Montarnu par C. Tamas en 2003-2004 (Tamas 2004) ont montré l'existence d'une trentaine de petites fosses circulaires peu profondes (carte GM 1) accompagnées de 2 grandes fosses et d'une grande tranchée, toutes trois plus profondes que les fosses circulaires. D'après les observations de cet auteur, les exploitations modernes des chapeaux de fer en surface recoupent manifestement des exploitations plus anciennes, probablement celle des filons de cuivre sous-jacents (Tamas et Cauuet 2004, Routhier 1999) pour les caractéristiques des formations à chapeaux de fer associées aux filons de cuivre). Ces extractions antérieures au XIX$^{e}$ siècle sont malheureusement indatables sans investigation archéologique.

Enfin, pour l'analyse géochimique de la colonne de tourbe, l'échantillonnage a été calé sur le même pas que celui de l'analyse pollinique, dans la mesure du possible. Les 20 premiers centimètres n'ont pas été retenus pour le traitement des données géochimiques. Riche en matière minérale, cette partie de la séquence ne présentait pas les conditions requises pour percevoir les apports atmosphériques seuls.

| ZPL | Prof. cm | Strate arborescente | Strate herbacée | Microfossiles Non-Polliniques | Rapports Pb/Sc et $^{206}Pb/^{207}Pb$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **GM 6** | 9 | - baisse quasi générale des taxons arboréens, hormis en surface, où *Betula*, *Quercus* et *Fraxinus* retrouvent de l'importance<br>- augmentation notable des résineux, tout d'abord *Pinus*, suivi de *Picea* et dans une moindre mesure *Abies* | - très forte hausse des Poaceae<br>- *Cerealia*-type, *Secale* et *Cannabis*-type ainsi que les apophytes augmentent début de zone, puis tous chutent sur les 10 derniers centimètres<br>- augmentation de *Potentilla*-type et pic de *Calluna* | - forte présence constante de T55a, associé à T368 à la profondeur -8<br>- présence relativement importante de T32a en surface<br>- T350 à la profondeur -4 | - augmentation continue et importante du rapport Pb/Sc<br>- baisse importante des valeurs isotopiques vers 1,14 en surface. |
| **GM 5** | 17 | - chute marquée de l'ensemble des taxons en début de seul *Betula* augmente de façon spectaculaire<br>- *Fagus* et *Corylus* augmentent à nouveau en fin de zone<br>- apparition de *Juglans* puis d'une courbe continue de *Castanea*<br>- *Alnus* s'amenuise durablement | - chute ponctuelle et importante des Poaceae en milieu zone<br>- augmentation de l'ensemble des IPA et premières occurrences de *Cannabis*-type<br>- réapparition de *Potentilla*-type | - présence constante de T18 qui augmente en fin de zone<br>- T44 T27 et T55a sont plus discrets | - augmentation de la courbe Pb/Sc, comparable à celle de la zone 4d<br>- baisse des valeurs isotopiques en dessous de 1,18 |
| **GM 4e** | 25 | - chute de *Fagus* en début de zone, la courbe remonte ensuite<br>- forte chute d'Alnus et début de zone, suivie d'une reprise rapide et d'un pic spectaculaire en fin de zone<br>- importante chute de *Betula*<br>- augmentation de *Quercus* et *Corylus*<br>- courbe continue de *Carpinus*<br>- première occurrence de Castanea | - forte augmentation des Poaceae, alors que les Cyperaceae tendent à disparaître<br>- augmentation des IPA, notamment des apophytes, apparition de *Secale*<br>- pic de *Potentilla*-type en début de zone<br>- apparition de *Calluna* et pic de monolètes en fin de zone | - représentation plus discrète mais toujours continue de T18, accompagné de T44<br>- apparition plus tardive de T55a | - retour de la courbe du rapport Pb/Sc à zéro<br>- rapport isotopique stable autour de 1,18 |
| **GM 4d** | 34 | - stabilité de *Fagus*, légère chute en fin de zone<br>- augmentation d'*Alnus*<br>- instabilité des courbes de *Betula, Corylus* et *Quercus*<br>- début d'une courbe de *Carpinus* | - augmentation régulière des Poaceae<br>- baisse de la diversité des herbacées<br>- apparition de *Potentilla*-type<br>- présence discrète mais régulière des IPA | - fortes proportions de T18<br>- représentation plus irrégulière des types 44 et 55a | - augmentation du rapport Pb/Sc et baisse du rapport isotopique |
| **GM 4c** | 37 | - *Fagus* stable à 45%<br>- très forte chute ponctuelle de *Corylus* et *Quercus*, pic concomitant de *Betula* | - forte chute des Cyperacee<br>- disparition des Asteroideae et pic de *Melampyrum*<br>- faible présence des IPA<br>- pic de *Sphagnum* | - disparition quasi complète des MFNP identifiés | - retour de la courbe du rapport Pb/Sc à zéro<br>- légères oscillations du rapport isotopique entre 1,18 et 1,19 |
| **GM 4b** | 49 | - *Fagus* augmente en première moitié de zone, puis la courbe est plus irrégulière<br>- *Alnus* décroit régulièrement en début de zone<br>- irrégularité des autres taxons<br>- diversité des arbustes | - les Poaceae et Cyperaceae sont relativement stables<br>- courbe continue d'Asteroideae<br>- présence des IPA plus importante en fin de zone | - présence constante et parfois importante des types 44, 18, 27 et 55a<br>- présence moins régulière de T16 et T112a/b<br>- occurrences en fin de zone de T3, T7 et T372 | |
| **GM 4a** | 59,5 | - succession de chutes plus ou moins spectaculaires d'*Alnus* et *Betula* d'une part, de *Fagus* d'autre part<br>- *Tilia* et *Ulmus* tendent à disparaître<br>- *Fraxinus* reste constant | - nette augmentation des Cyperaceae et plus légère des Poaceae<br>- présence discrète mais constante de *Cerealia*-type accompagnée de *Plantago lanceolata*, Chenopodiaceae, Urticaceae…<br>- forte baisse des spores monolètes | | - augmentation du rapport Pb/Sc dès le premier échantillon de la zone<br>- les valeurs isotopiques bougent plus tardivement et s'approchent de 1,18 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **GM 3** | 65 | -considérable augmentation de la courbe d'*Alnus*<br>- augmentations successives de *Betula* et de *Corylus*<br>- *Quercus* diminue en fin de zone<br>- *Fagus* augmente fortement en fin de zone | - baisse des Poaceae autour de 7%<br>- courbes régulières d'Asteroideae, *Melampyrum* et Ranunculaceae.<br>- IPA quasi absent, à l'exception des Urticaceae<br>- augmentation spectaculaire des spores monolètes | - faible présence des types 16, 44, 360, 18, 55a et 112a/b, | - rapport Pb/Sc autour de zéro<br>- la signature isotopique, autour de 1,19, est celle du plomb indigène |
| **GM 2** | 77 | - tendance à la baisse de *Quercus*<br>- *Betula* domine et *Salix* continue à diminuer<br>- *Corylus* relativement stable autour de 20%, de même que *Tilia*, *Fraxinus* et *Alnus*<br>- diversité des arbustes<br>- premières occurrences de *Fagus* en fin de zone | - Poaceae et Cyperaceae relativement stables ; les Poaceae augmentent fortement en fin de zone<br>- augmentation des courbes de *Lysimachia*, *Narcissus*-type, *Liliaceae* indet. et pics de *Melampyrum* et Ranunculaceae<br>- *Cerealia*-type et *Plantago lanceolata* à la profondeur -72<br>- chute drastique des spores monolètes | - T 28 en première partie de zone<br>- forte présence des ascospores à la profondeur -74 ; T18, T55a et T 112a/b restent ensuite présents | |
| **GM 1c** | 81 | - baisse continue de *Corylus* et de *Betula*<br>- légère augmentation de *Quercus*<br>- baisse ponctuelle de *Betula* à -78 de profondeur<br>- apparition d'*Alnus* | - poursuite de l'augmentation des Cyperaceae qui sont remplacées par un pic de Poaceae à la profondeur -78<br>- augmentation des herbacées en fin de zone, présence d'*Urtica*, *Rumex* et *Artemisia*<br>- pic important de spores monolètes | - T16 et T18 abondants<br>- apparition discrète de T55a et présence plus affirmée de T112a/b | Pas d'analyse entre 80 et 97 cm. |
| **GM 1b** | 87 | - chute de *Corylus* et augmentation de *Quercus*<br>- baisse ponctuelle de *Quercus* et *Salix* au niveau 84<br>- *Tilia* et *Fraxinus* progressent régulièrement | - augmentation discrète des Cyperaceae<br>- première occurrence de *Cerealia*-type<br>- présence discrète de Chenopodiaceae et d'*Urtica* | - apparition de T16, T18 et T44<br>- présence de T27 en début de zone. | |
| **GM 1a** | 96 | - domination de *Corylus* malgré une décroissance régulière<br>- 15% de pollen de *Quercus*<br>- *Salix* atteint 20% en fin de zone<br>- présence d'*Ulmus,* de *Tilia*, et de *Pinus* | - couvert herbacé entre 10 et 5%<br>- les Poaceae et Cyperaceae sont rares<br>- courbes continues de *Filipendula*, des Apiaceae, de *Melampyrum* et des Ranunculaceae | - quasi absence de MFNP | |

**Tab .2.6** Description des ZPL des diagrammes polliniques et non-polliniques et résultats des analyses géochimiques : ratios Pb/Sc et rapports isotopiques $^{206}Pb/^{207}Pb$ (sens de lecture : de bas en haut).

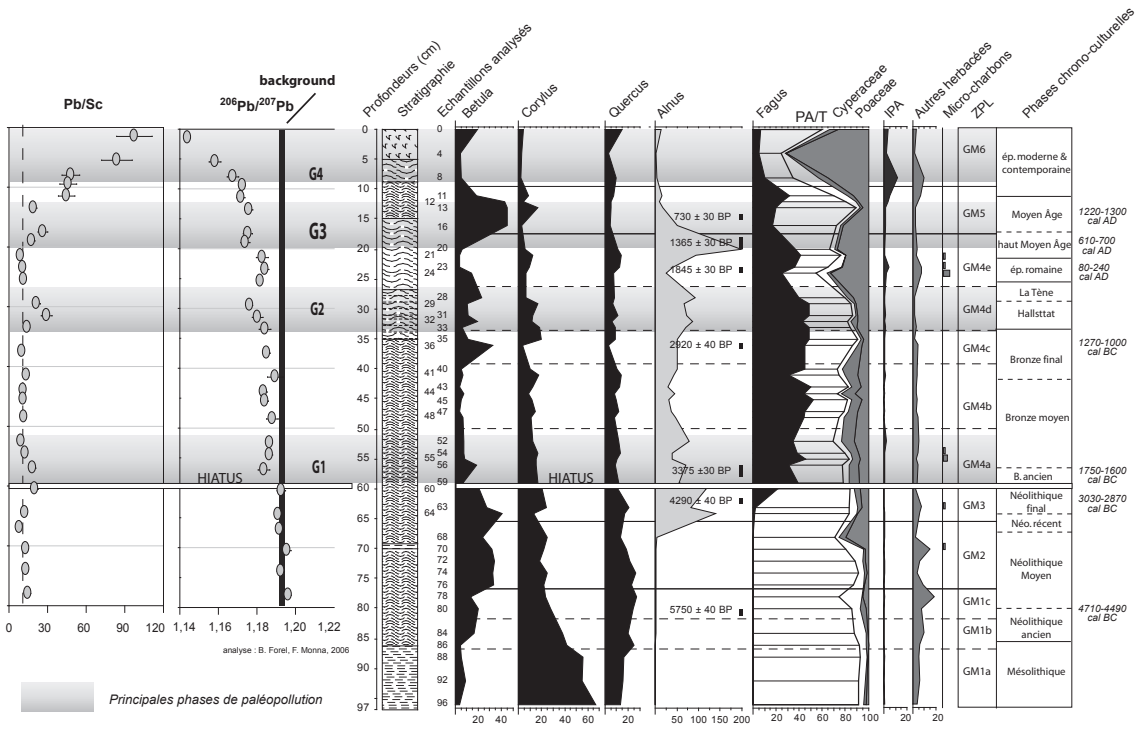



**Fig .2.9.** Tourbière du Grand-Montarnu. Résultat des analyses géochimiques, Pb anthropique et rapport isotopiques $^{206}Pb/^{207}Pb$ et diagramme pollinique simplifié.

## Commentaire

Analyse des fig. A.6., A.7. et 2.9.

### ZPL GM1

Les assemblages polliniques du début de la séquence du Grand-Montarnu (ZPL 1a) sont largement dominés par le pollen de noisetier (*Corylus*). Toutefois, les essences de la chênaie mixte mésothermophiles sont déjà toutes représentées, avec quelques occurrences de tilleul (*Tilia*), la présence constante de l'orme (*Ulmus*), et surtout un taux de pollen de chêne (*Quercus*) de 15% durant toute la période. Le pourcentage de saule (*Salix)*, en augmentation constante atteint 20% en fin de zone. Le pin (*Pinus*) et le genévrier (*Juniperus*) sont discrètement présents. Durant cette phase où la représentation pollinique du couvert herbacé se situe entre 10 et 5%, le pollen de graminées sauvages (Poaceae) et de Cypéracées (Cyperaceae) est rare. Les pourcentages les plus importants sont ceux des Apiaceae, du mélampyre (*Melampyrum*) et des renonculacées (Ranunculaceae) et dans une moindre mesure de reine-des-prés (*Filipendula*). Dans cette partie la plus profonde du remplissage sédimentaire, qui est principalement constituée d'argile, les échantillons analysés n'ont livré quasiment aucun microfossile non pollinique identifié. En l'absence de date $^{14}C$, la datation de cette première zone pollinique locale peut être attribuée, sur des

critères pollinique, à la biozone du Boréal, et plutôt dans sa seconde partie s'il l'on se réfère à la décroissance continue du noisetier et à la présence du tilleul et du frêne. Ce qui pourrait situer le début de la séquence autour de 9500-9000 cal BP, durant la seconde moitié du 9e millénaire avant notre ère.

Les zones polliniques suivantes, 1b et 1c, sont marquées par une chute encore plus accentuée du taux de pollen de noisetier. A l'inverse, les courbes du chêne, du tilleul et du frêne, sont en augmentation quasi-constante. Le bouleau et le saule connaissent des dynamiques inverses, avec une progression pour le premier, et une baisse sensible pour le second. Au niveau du couvert herbacé, à la profondeur -84 une première occurrence de grain de pollen de céréale (*Cerealia*-type) est accompagnée de grains de pollen de chénopodes (Chenopodiaceae), d'ortie (*Urtica*) et de coquelicot (*Papaver rhoeas*-type). On note alors une légère baisse des taxons arboréens, principalement due au chêne. Les graminées sauvages et les Cypéracées augmentent peu, mais on note une diversification des taxons herbacés, et des courbes plus importantes de ceux déjà présents en zone 1a. La dernière phase de la zone (ZPL1c) enregistre une accentuation de la baisse de la représentation des arbres, conditionnée par la poursuite de la chute du noisetier et de celle plus ponctuelle du bouleau en fin de zone. Les Cypéracées d'abord, puis les graminées sauvages ensuite, augmentent très légèrement. En revanche, la progression des spores monolètes de fougères est spectaculaire. Des indices polliniques d'anthropisation présents en zone précédente, ne subsistent que les orties. Alors que la sédimentation est maintenant composée de tourbe, on note l'apparition d'une représentation beaucoup plus importante des MNP et notamment des ascospores de champignons parasites. Il s'agit principalement de *Byssothecium circinans* (T16), parasite du bois et du type 18, parasite non identifié de la linaigrette engainée (*Eriophorum vaginatum*). De façon moins marquée, on voit aussi apparaître des ascospores de champignons coprophiles : *Sordaria* (T55a), *Cercophora* (T112) et *Pleospora* sp. (T3b). Dans cette partie de la séquence, datée du 5e millénaire avant notre ère par le modèle d'âge, et dans un environnement végétal caractéristique de l'Atlantique ancien, apparaissent des indices précoces d'activités agropastorales néolithiques. Elles sont ici enregistrées dès le tout début du Néolithique ancien, illustrées par des indices d'agriculture en zone 1b, des indices qui prennent ensuite un caractère plus pastoral en zone 1c avec la persistance des orties et l'apparition de champignons coprophiles. L'analyse géochimique effectuée à partir des échantillons regroupés en zone 1c montre un

rapport Pb/Sc qui ne varie pas et le rapport isotopique $^{206}Pb/^{207}Pb$ reste au niveau du bruit de fond naturel entre 1,19 et 1,20.

**ZPL GM 2**

La représentation de la forêt augmente à nouveau au début de la ZPL 2 et le total de pollen arboréen atteint 90%. Le bouleau augmente brutalement dès le premier échantillon analysé et il va dominer l'ensemble de la zone. La chute progressive du total des arbres en seconde partie de zone 2 est conditionnée par la baisse de la représentation du chêne. L'ensemble des échantillons fait aussi apparaître une représentation toujours peu importante en nombre mais relativement variée des arbustes. Au niveau de la strate herbacée, la chute des arbres n'est pas tout de suite accompagnée d'une hausse des taux de graminées sauvages, qui augmentent surtout de façon importante en tout fin de zone. En revanche, on note des pics plus au moins concomitants de mélampyre, de lysimaque (*Lysimachia*) et de jonquille (*Narcissus pseudonarcissus*-type). Concernant les IPA, de manière générale le pollen de plantes cultivées et d'apophytes est plutôt rare, hormis dans l'échantillon -72, où l'on note la présence de céréales, accompagnée d'une première occurrence de plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*). La zone est marquée par la chute drastique des spores de fougères. Après une disparition quasi complète dans le premier échantillon de la zone (-76), les ascospores de champignons parasites du bois, T44 et T16, mais aussi les Sordariales, *Cercophora* et *Pleospora* réapparaissent en nombre relativement important dans l'échantillon suivant. Leur présence va diminuer rapidement, mais ils ne disparaissent pas pour autant. Comme pour la zone précédente, le résultat des analyses géochimiques montre la stabilité des paramètres mesurés, pour cette période qui peut être attribuée au Néolithique moyen (de 4500 à 3200 cal BC).

**ZPL GM 3**

L'aulne discrètement présent au cours des phases 1c et 2, va très rapidement prendre une place dominante dans la représentation des taxons arboréens. Le bouleau augmente en début de zone au détriment du noisetier, puis, dans la seconde partie, c'est le phénomène inverse qui se produit. Le dernier échantillon analysé de la zone montre aussi une chute du taux de chêne, en même temps que l'apparition d'un pourcentage plus important de pollen de hêtre (*Fagus*). Les taux de Poaceae, en baisse, oscillent entre 6 et 9%. Les autres herbacées les mieux représentées sont les Asteroideae et à nouveau le mélampyre et les renonculacées. Le pollen de plantes culti-

vées et d'apophytes est absent, hormis quelques occurrences de chénopodes et la présence ténue mais continue de pollen d'ortie. Les ascopores sans disparaître complètement, montrent une présence beaucoup plus sporadique. La stabilité des rapports Pb/Sc et $^{206}Pb/^{207}Pb$ n'indique qu'il n'y a toujours pas d'apport de polluants métalliques atmosphériques au cours de cette phase dont l'attribution chronologique au Néolithique récent et au début du Néolithique final est assurée par la date $^{14}C$ effectuée à 62 cm de profondeur, 4290±40 BP [3030-2870] cal BC.

**ZPL GM 4**

La ZPL 4a est caractérisée par une succession de chutes plus ou moins spectaculaires de différents taxons arboréens : elles touchent dans un premier temps l'aulne et le bouleau, puis le hêtre et le chêne à la profondeur -56, suivi à nouveau de l'aulne et du bouleau, pour terminer par une nouvelle baisse du hêtre et plus modestement du chêne et du noisetier en fin de zone. Dès le début de la zone, le tilleul passe brutalement d'une représentation de plus de 5% à quelques occurrences seulement. Parallèlement aux fluctuations des taux arboréens, les Cypéracées et les graminées sauvages connaissent une représentation relativement haute et en légère augmentation. Le mélampyre, les Renonculacées et les Asteroidées sont les autres herbacées les mieux représentées. Cette ZPL est aussi marquée par l'apparition continue d'une courbe de céréales, accompagnées d'une occurrence de bleuet (*Centaurea cyanus*) dans le premier échantillon (-59), ainsi que d'une présence plus constante du plantain lancéolé. Les ascospores de champignons enregistrées dans les zones précédentes sont toutes présentes, notamment les coprophiles *Sordaria* sp. et *Cercophora*, mais dans des proportions très modestes. On note la présence de micro-charbons dans les échantillons -55 et -56. Enfin, les ratios Pb/Sc et $Pb^{206}/Pb^{207}$, jusqu'alors très stables, montrent leurs premières variations significatives. L'augmentation de rapport Pb/Sc reste modeste, mais les rapports isotopiques passent de valeurs situées entre 1.20 et 1.19 qui correspondent à la signature du plomb naturellement présent pour s'approcher de valeurs moins radiogéniques vers 1.18. Ils indiquent alors l'introduction de plomb atmosphérique dans la tourbière. Comme on a pu le voir ci-dessus dans la description de la stratigraphie de la carotte (fig. 2.7.), la zone pollinique 4 est séparée de la précédente par un hiatus sédimentaire de presque un millénaire, qui commence dès la première partie du Néolithique final et qui couvre quasiment l'intégralité du Bronze ancien. La reprise d'une turbification que l'on peut qualifier d'importante au vu de la dilation des 20 cm qui suivent le hiatus, se situe à la fin de l'âge du Bronze ancien.

Elle se situe dans un contexte d'anthropisation du couvert végétal dans lequel on trouve la trace d'activités agropastorales mais aussi d'activités minières et/ou métallurgiques qui peuvent être attribuées à la fin du Bronze ancien et aux débuts du Bronze moyen.

La représentation du hêtre augmente en début de zone 4b, jusqu'à atteindre presque 55% du total de grains de pollen comptés. Les autres taxons restent relativement constants, à l'exception de l'aulne qui décroit durablement. A deux reprises la représentation du couvert forestier est affectée de façon ponctuelle : la première (-45), d'ampleur assez modeste, affecte principalement le hêtre, la seconde, (-41) beaucoup plus marquée, touche à nouveau en priorité le hêtre, mais aussi le frêne et le noisetier. La première baisse est accompagnée d'un pic de cypéracées et de poacées, dans des proportions équivalentes ; la seconde voit surtout les taux de cypéracées augmenter. La courbe des Asteroideae est toujours dominante. Les céréales sont absentes du premier échantillon (-48), mais sont ensuite présentes tout au long de la zone avec une légère augmentation qui est contemporaine de la seconde chute des arbres. Les occurrences de pollen de plantes apophytes restent irrégulières et peu importantes. La présence des MNP est assez proche de celle de la zone précédente, avec les ascospores de champignons parasites du bois (T16 et 44), les parasites de la linaigrette engainée (T18) et de la sphaigne (T27) et toujours celle de champignons coprophiles. On remarque que la présence de *Cercophora* continue à décliner, mais par ailleurs, en fin de zone, la variété des coprophiles augmente (T172). Le retour des valeurs du rapport Pb/Sc à zéro, ainsi que l'absence d'une nouvelle variation du rapport $^{206}Pb/^{207}Pb$ montrent clairement l'arrêt des apports de micro-polluants atmosphériques. La dilatation de l'enregistrement nous donne ici une image détaillée de l'impact d'activités humaines sur la forêt du haut Morvan durant le Bronze moyen, qui sont ici uniquement à but agro-pastoral et non plus liées à des activités minières et/ou métallurgiques.

Le hêtre et l'aulne, qui ont augmenté par rapport à la sous-zone précédente, connaissent une représentation stable au cours de la ZPL 4c ; à l'inverse, les taux de chêne et de noisetier chutent avec une remarquable coordination dès le premier échantillon analysé (-36). Cette chute s'accompagne d'un pic concomitant de bouleau. Le second échantillon de cette courte zone montre, à l'inverse, une brusque baisse de la courbe du bouleau et dans le même temps, une remontée nette de celles de noisetier et de chêne. Globalement, la représentation de la strate herbacée perd en proportion et en variété des taxons identifiés et, si les graminées sauvages restent assez stables,

les Cypéracées chutent de façon drastique. Les IPA sont aussi plus rares, même si les céréales restent discrètement présentes. Par ailleurs, la disparition quasi complète des MNP identifiés marque de façon importante cette sous-zone. Les différents marqueurs polliniques et non-polliniques évoquent un contexte d'anthropisation en baisse par rapport à la phase précédente. Ainsi, les variations des courbes d'arbres observées sont-elles plutôt liées à des dynamiques naturelles de la forêt environnante (présence du chêne effacée par la représentation grandissante du hêtre), ou de la végétation proche de la zone de forage (remplacement du bouleau par le noisetier), dans laquelle on remarque par ailleurs un changement du remplissage tourbeux endogène qui s'enrichit en argiles issues des ruissellements de la périphérie de la zone humide. La déprise agro-pastorale évoquée par les diagrammes pollinique et non-pollinique n'est peut-être pas étrangère aux phénomènes observés, que l'on peut situer durant l'âge du Bronze final, d'après le modèle âge/profondeur et la date effectuée à 35,5/36 cm de profondeur, 2920±40 BP [1270-1000] cal BC.

Au cours de la ZPL 4d, les taux de taxons arboréens sont globalement assez élevés. L'aulne augmente à nouveau assez franchement et le hêtre garde des pourcentages situés autour de 48% en première partie de zone. Toutefois, les courbes des principaux arbres montrent toutes une certaine instabilité. Deux phases d'ouverture du milieu sont illustrées en début et en fin de zone. Les graminées sauvages prennent une place grandissante tout au long de la zone. L'augmentation des Cypéracées est plus localisée au niveau de l'échantillon -32. Ici encore, on note la présence discrète mais régulière des indices polliniques d'anthropisation. Les autres herbacées sont assez peu nombreuses et peu variées ; on observe toutefois l'apparition d'une courbe de potentille (*Potentilla*-type) en fin de zone. Au niveau des MNP la présence la plus marquée est celle du type 18, évoquant à nouveau la présence de linaigrettes engainées sur la tourbière. En revanche, les ascospores de champignons coprophiles ont durablement disparu, seules les Sordariales sont présentes au rythme des chutes de taxons arboréens. Enfin, la tourbière enregistre à nouveau durant cette zone l'arrivée de micropolluants atmosphériques, marquée par une augmentation assez importante du rapport Pb/Sc et une nouvelle variation de la signature isotopique du plomb vers des valeurs proches de 1,18. Cette nouvelle phase d'activité paléométallurgique concerne l'ensemble du second âge du Fer, avec, d'après le modèle âge/profondeur, un début probable dès le Hallstatt (soit du VI$^{e}$ ou du V$^{e}$ siècle avant notre ère, jusqu'au changement d'ère).

Une forte baisse des taux de hêtre et d'aulne marque le début de la zone 4e. A l'inverse, le reste de l'enregistrement montre une hausse puis une représentation assez importante des principaux taxons, comme le hêtre (entre 35 et 40%), le noisetier et le chêne (autour de 10%). Mais globalement, après la chute du début de zone, la représentation du couvert forestier reste à des taux plus faibles que durant les phases précédentes. On y remarque une courbe plus importante et plus continue du charme. Parallèlement, les graminées sauvages augmentent considérablement, alors que les Cypéracées ont presque disparu. La strate herbacée est aussi marquée par un pic de potentilles en début de zone, suivi d'un pic de jonquilles en fin de zone. Les taux de callune (*Calluna*), qui forment une courbe continue, indiquent probablement un certain assèchement des zones superficielles de la tourbière. Les IPA prennent une importance nouvelle avec l'apparition en cours de zone du seigle qui vient s'ajouter aux céréales de type blé, orge et/ou avoine. Le plantain lancéolé dessine désormais une courbe continue, rapidement rejoint par les oseilles. L'ortie, plus discrète, est néanmoins présente tout au long de la zone. Une zone qui est aussi marquée par une forte présence de micro-charbons sur les lames polliniques. En revanche, l'enregistrement des MNP est faible, avec seulement quelques ascospores identiques à celles présentes en zone précédente (T44, T18 et T55a notamment) mais en quantités encore inférieures. Les marqueurs géochimiques de paloépollution indiquent un arrêt net des apports avec un rapport Pb/Sc à zéro et des valeurs isotopiques qui tendent à rejoindre celles du plomb indigène. Cette phase bien datée par les dates réalisées aux profondeurs -23/24 et -18/20 correspond à l'époque romaine, probablement du haut Empire jusqu'au début du haut Moyen Âge (I$^{er}$ siècle au VII$^{e}$ siècle de notre ère).

**ZPL GM 5**

On assiste ici à une dynamique inverse à celle de la phase précédente. Toutes les courbes des principaux taxons arboréens montrent de fortes baisses, à l'exception de celle du bouleau qui augmente de façon tout aussi spectaculaire (le traçage d'un diagramme dans lequel le bouleau est retiré de la somme pollinique, a validé la chute des taux de hêtre, de chêne et de frêne, qui n'est pas seulement ici un artefact dû à l'augmentation du bouleau). La chute la plus drastique est celle de l'aulne qui va ensuite continuer à s'amenuiser de façon durable. On note la présence des premiers grains de pollen de châtaignier (*Castanea*) puis de noyer (*Juglans*). Le hêtre et le noisetier voient leur représentation augmenter à nouveau en fin de zone, alors que le bouleau

chute brutalement. La présence des IPA est assez importante tout au long de la période, même si elle ne connait une réelle ampleur que dans le dernier échantillon de la zone (-11). Le chanvre (*Cannabis*-type) vient s'ajouter aux plantes cultivées. *Ustulina deusta*, les Sordariales, le type 18 et *Tilleta sphagni* restent les microfossiles polliniques identifiés les mieux représentés, même si les proportions restent toujours modestes. On note une augmentation des deux derniers taxons respectivement témoins de la présence de la linaigrette engainée et de la sphaigne en fin de zone. Ces indicateurs, qui sont aussi corrélés à des occurrences de droséra (*Drosera*) et contemporains de la chute du bouleau, pourraient indiquer une augmentation du degré d'humidité de la tourbière. Cette phase, bien datée par les deux dates radiocarbone des profondeurs 18/20 et 14/15, concerne une plage de temps qui débute au haut Moyen Âge, autour du VII$^{e}$ siècle, et se poursuit certainement jusqu'à la fin du Moyen Âge (fin du XIV$^{e}$ siècle). La compaction de la tourbe à l'approche des niveaux de surface, rend plus difficile une datation précise des événements les plus récents. Au cours de cette période une phase de paléopollution est à nouveau clairement mise en évidence par les deux courbes des résultats d'analyse géochimique. A une augmentation nette du rapport Pb/Sc correspond un nouvel ensemble de valeurs isotopiques moins radiogèniques, proches de 1,175. Cette phase qui correspond aussi à la chute des taux de hêtre évoque la proximité d'activités minières et/ou métallurgiques pour une période qui va du VII$^{e}$ siècle jusqu'au moins au début du XIV$^{e}$ siècle.

**ZPL GM 6**

La dernière zone pollinique locale débute avec une très forte chute de la représentation du couvert forestier. La baisse concerne l'ensemble des taxons, à commencer par le hêtre. Les niveaux supérieurs montrent la légère reprise du bouleau et du hêtre et surtout l'apparition de courbes de résineux, ici notamment l'épicea (*Picea*). Une augmentation impressionnante des Poacées marque cette dernière zone qui enregistre aussi un pic de callune conséquent mais ponctuel, au premier échantillon (-8). Les plantes cultivées sont à l'apogée de leur représentation en début de zone, mais elles tendent toutes à diminuer voire à disparaître en approchant de la surface. Les Sordariales dominent de façon très nette cette dernière partie de la séquence indiquant une importante eutrophisation de la tourbière. On note aussi la présence d'une ascomycète strictement coprophile, *Podospora* (T368) en début de zone, contemporaine du pic des IPA. Enfin, le rapport

du Pb/Sc augmente de façon beaucoup forte que lors des oscillations précédentes, et les rapports $^{206}Pb/^{207}Pb$ baissent continuellement pour se rapprocher de la valeur 1,14 en surface.

**Synthèse**

La séquence du Grand-Montarnu, malgré sa faible dilatation sédimentaire, offre une histoire unique du couvert végétal du haut Morvan, de la fin du Boréal jusqu'à nos jours. Cette histoire concerne plus de 8000 ans, toutefois interrompus par un hiatus couvrant un peu moins d'un millénaire entre environ 3000 et 2000 avant notre ère. Son analyse à la fois pollinique et géochimique a aussi permis d'identifier différentes phases d'activités paléométallurgiques de l'âge du Bronze jusqu'à l'Actuel. Ces résultats, confrontés à ceux des deux autres sites du Morvan ayant fait l'objet du même protocole d'analyse, ont déjà fait l'objet d'une première publication (Jouffroy-Bapicot *et al.* 2008) et sont aussi exposés dans la thèse de B. Forel (2009).

La tourbière du Grand-Montarnu livre tout d'abord le témoignage des premières activités agropastorales dans le haut Morvan avec des indices ténus mais concordants d'agriculture dès le début du 5$^{e}$ millénaire avant notre ère. Des témoignages de la présence humaine sont perceptibles tout au long du Néolithique, ils évoquent une succession de phases durant lesquelles alternent des pratiques agricoles ou plutôt pastorales à proximité de la tourbière. Ces témoignages bien que réguliers restent ténus et sans incidence très forte et durable sur le couvert forestier. Une déprise nette caractérise le Néolithique récent et le début du Néolithique final. On ne peut en saisir la durée précise car un hiatus sédimentaire vient interrompre l'enregistrement paléoenvironnemental. La reprise de la turbification, à la fin du Bronze ancien, montre un contexte d'anthropisation dans lequel les premiers indices d'activités paléométallurgiques sont illustrés par les données géochimiques (paloépollutions) (G1). Les défrichements semblent d'abord toucher les formations secondaires, plus faciles à exploiter, comme le bouleau et peut-être l'aulne, pour ensuite attaquer la hêtraie-chênaie lorsqu'ils sont clairement corrélés aux indices de paléopollution. Bien que l'aulnaie diminue considérablement au même moment, l'hypothèse de l'utilisation de l'aulne comme combustible est délicate à proposer, tant les variations de cette essence sont aussi soumises aux conditions hydriques de la zone humide sur laquelle elle est installée. Cette phase précoce d'activités minières et/ou métallurgiques concerne la première partie du IIe millénaire avant J.-C., soit la fin du Bronze ancien et/ou les débuts du Bronze moyen. A la même époque,

aucune trace de paléopollution n'a été retrouvée dans la tourbière du Port-des-Lamberts, située à quelques kilomètres seulement. Cette différence d'enregistrement plaide en la faveur d'activités minières et/ou métallurgiques situées à proximité de la tourbière du Grand-Montarnu. Des activités probablement d'ampleur modeste, qui n'affectent pas le couvert forestier de façon profonde et durable et qui diffuse une pollution strictement locale, suffisament proche pour que la tourbe l'ait enregistrée. C'est aussi le témoignage le plus précoce de métallurgie dans le massif du Morvan (voir chap. 3.3.2.3.).

Ensuite, au cours de l'âge du Bronze moyen, nous constatons une diminution nette du rapport Pb/Sc qui indique l'arrêt d'un enregistrement local d'activités minières et/ou métallurgiques, mais qui n'implique par pour autant l'abandon de la zone par les communautés humaines du Bronze moyen et du début du Bronze final : les indices d'activités agro-pastorales restent présents.

Après une phase de déprise située entre la fin de l'âge du Bronze et le début du premier âge du Fer, une nouvelle phase de paléopollution bien individualisée par l'analyse géochimique (G2), correspond à un retour d'indices polliniques et non-polliniques d'anthropisation (GM4d). Toutefois la hêtraie semble n'être que faiblement affectée localement, ce sont d'autres essences comme le chêne, le bouleau où le noisetier qui présentent des courbes plus accidentées. Ces indices de paléopollutions et de défrichements sont enregistrés sur une période qui couvre une grande partie de l'âge de Fer. Si la fin de cette phase, notamment la Tène finale, peut être mise en relation avec la métallurgie éduenne dont l'épicentre est situé à Bibracte, les pollutions du Hallstatt et du début de la Tène apportent un éclairage nouveau sur l'occupation et l'exploitation des ressources du haut Morvan pour ces époques localement peu documentées par l'archéologie.

L'époque romaine correspond plutôt à une baisse dans l'apport de micro-polluants atmosphériques identifiés par l'analyse géochimique, alors que les indices polliniques d'anthropisation sont en légère augmentation : quelques témoignages d'agriculture mais extrêmement peu d'indices de pastoralisme. En revanche la hêtraie subit manifestement une exploitation relativement importante (GM4e), et comme aux Sources de l'Yonne, des pratiques de feux semblent mises en jeu dans cette exploitation si l'on en croit l'abondance des micro-charbons dans les échantillons de cette portion de séquence. Les ressources de cette zone du haut Morvan sont alors proba-

blement exploitées par les populations installées dans les agglomérations situées dans la cuvette d'Arleuf, voie de passage naturelle est-ouest du Morvan, agglomération des Bardiaux (Arleuf – 58) (Bigeard 1996),(Mangin 1994), (Rolley 2004) et d'Arbonne (Roussillon-en-Morvan – 71) (Nouvel 2008).

Sans réel hiatus d'occupation à la fin de l'Antiquité, la séquence du Grand-Montarnu enregistre l'impact d'une phase d'activité médiévale précoce, qui débute dès le VII$^{e}$ siècle, combinant le retour de paléopollutions atmophériques et l'intensification de la présence des IPA (G3 et GM5). Comme pour les périodes du premier âge du Fer et de La Tène, ces témoignages de fréquentation et d'occupation du haut Morvan sont nouveaux par rapport aux connaissances historiques et aux données archéologiques.

A partir de la phase de paléopollution suivante (G4), puis sur la partie supérieure du diagramme, les pollutions modernes et contemporaines sont probablement alimentées par des apports de plus en plus régionaux puis globaux (pollutions à l'échelle de l'hémisphère nord pour le Moyen Âge, la Renaissance et le XX$^{e}$ siècle (Boutron *et al.* 2004, Hong *et al.* 1994), qui viennent s'ajouter à celles émanant d'exploitations locales. Au XIX$^{e}$ siècle, les formations à chapeau de fer du hameau de Fosses sur la commune d'Arleuf (Nièvre) étaient exploitées ; la zone minière situées sur le versant opposé du massif du Grand-Montarnu n'est distante que de quelques centaines de mètres de la tourbière (Tamas et Cauuet 2004). La chute drastique de la représentation de la hêtraie du haut Morvan, enregistrée à partir du XVI$^{e}$ siècle jusqu'à nos jours, est aussi largement conditionnée par l'exploitation de la forêt pour le chauffage de Paris, comme partout sur le massif du Morvan. Bien que cette activité ait cessé au tout début du XX$^{e}$ siècle, et que les plantations de résineux se soient généralisées depuis les années 60 (Vaucoulon et Chiffaut 2004), la représentation globale de la forêt reste faible sur les niveaux de surfaces (-4 et 0), alors que la tourbière forme une ouverture dans une pessière, au milieu d'un des plus importants massifs forestiers du Morvan. C'est ici le pollen de graminées sauvages qui domine largement la somme pollinique, très certainement le reflet pollinique de la molinaie qui occupe en grande partie la zone du forage. Cet enregistrement souligne l'aspect très local de la pluie pollinique captée par la tourbière, même si l'on y trouve aussi des apports à caractère plus régional, comme par exemple les grains de pollen de plantes cultivées (blé, seigle, maïs), qui proviennent forcément d'une distance d'au moins 5/6 km, au vu de l'étendue des massifs forestiers qui entourent la tourbière.

## 2.1.4. Zone tourbeuse du Quart-du-Bois

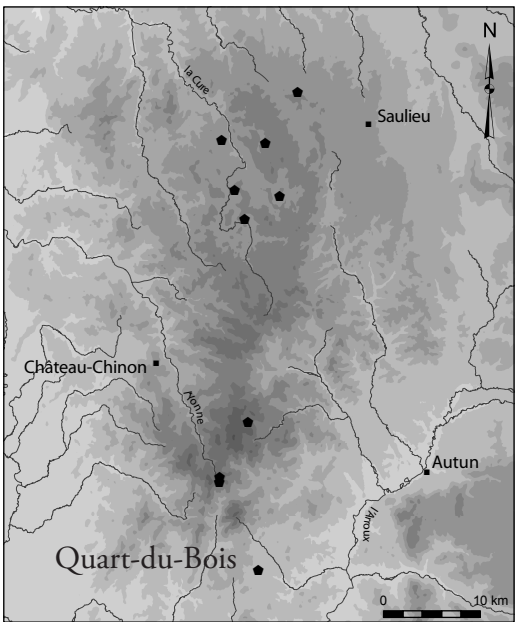
*Poil (Nièvre)*

Forage : octobre 2006

Coordonnées géographiques :46° 53’ 33» N

04° 02’ 03» E

Altitude : 420 m




La commune de Poil est située sur le versant sud du Morvan, à la limite entre le massif et la vallée de l’Arroux. Le paysage est vallonné, avec un couvert végétal principalement bocager ; la forêt tient une place bien moindre que sur le massif plus au nord. La zone humide du Quart-du-Bois où a été effectué le carottage correspond plus à un bas-marais qu’à une vraie tourbière. Une accumulation organique, de type tourbe à carex, s’est développée en bas de pente, en fond d’un petit vallon où affleure la nappe phréatique. En contrebas d’une prairie pâturée, ce bas-marais se développe en bordure d’un thalweg emprunté par un petit ruisseau. De très petite taille (quelques centaines de mètres carrés), cette formation présente en surface une végétation caractérisée par des touradons de cypéracées. Plusieurs drains superficiels, soulignés par la présence de morelle douce-amère, la bordent aujourd’hui. Les sondages de reconnaissance ont montré des profondeurs de remplissage approchant les 2 mètres dans la partie de la zone humide la plus proche de la rupture de pente. Un forage à la sonde russe a permis l’obtention d’une séquence de 1,76 mètre.

**La séquence sédimentaire :**

**Tab. 2.7.** Datations radiocarbone par AMS

| Profondeurs (cm) | Matériel | Code lab. | Âge $^{14}$C BP | Dates calibrées BC-AD (2 sigma) |
|---|---|---|---|---|
| 64-66 | bois | Erl-11294 | 447 ± 35 | [1410-1612] cal AD |
| 134-135 | tourbe | Erl-11293 | 1311 ± 40 | [648-776] cal AD |
| 173,5-175 | graines | Erl-11292 | 1547 ± 36 | [426-591] cal AD |

Datations réalisées au « AMS C14-Labor Erlangen » - Allemagne (Erl) et calibrées avec IntCal04 (Reimer et al. 2004)

Trois datations radiocarbone effectuées sur cette séquence permettent d'établir le cadre chronostratigraphique de l'enregistrement pollinique. Une date située au niveau 173,5-175 date le début du remplissage de la structure : située dans un intervalle de confiance de 426 à 591 après J.-C., celle-ci montre que l'accumulation organique débute entre la fin de l'Antiquité et le début du haut Moyen Âge. Le modèle âge/profondeur de la séquence évoque ensuite une sédimentation relativement régulière jusqu'aux niveaux actuels (fig. 2.10.). Toutefois, afin d'obtenir un profil plus fiable, deux nouvelles dates seraient souhaitables. La première, autour des niveaux

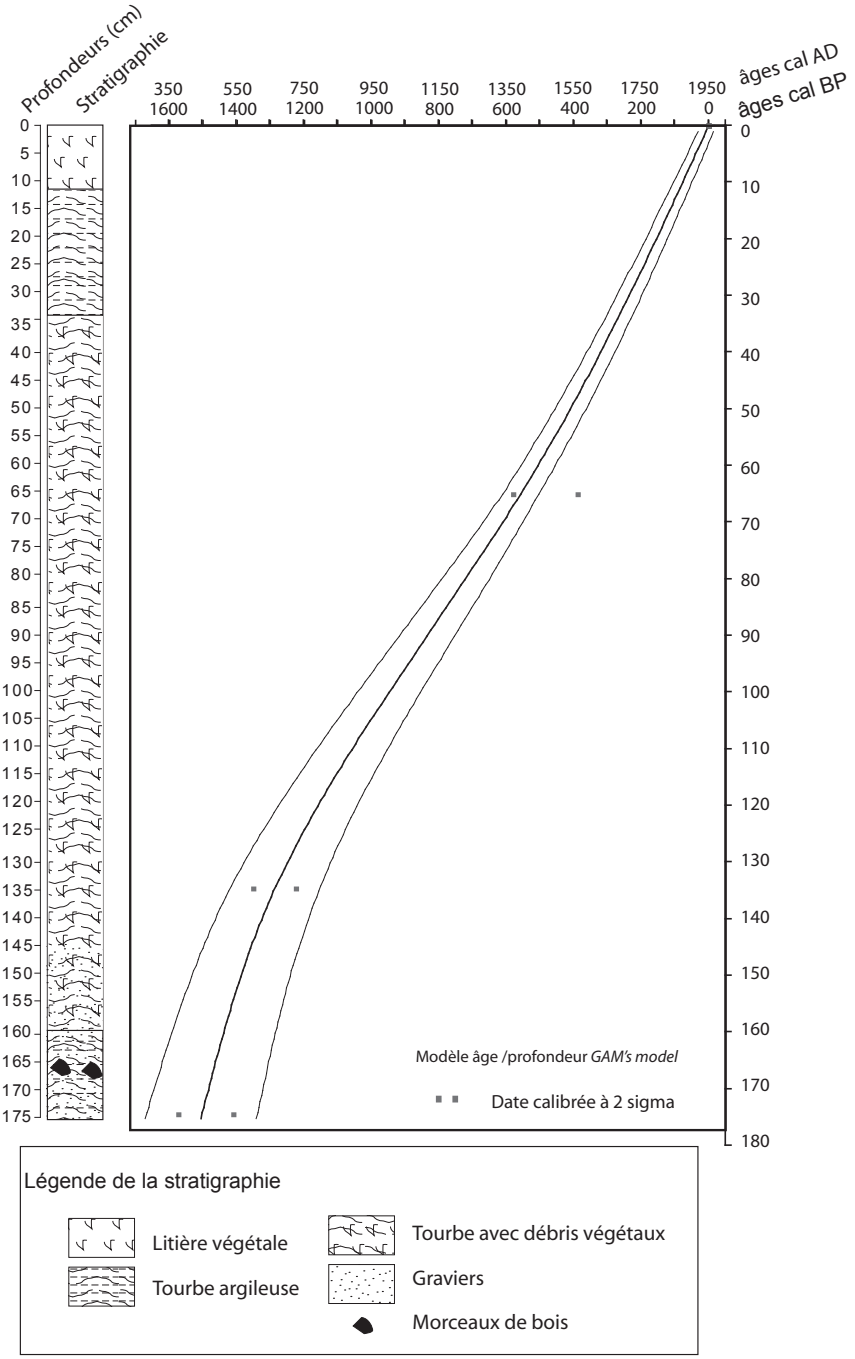



**Fig. 2.10.** Zone humide du Quart-du-Bois (Poil) - stratigraphie et modèle âge/profondeur

100-110 permettrait d'affiner la temporalité du changement de taux d'accumulation dans la partie comprise entre l'intervalle bas et l'intervalle haut constitué par les trois dates existantes. Une seconde date supplémentaire, située dans les 60 centimètres supérieurs, permettrait d'améliorer la perception des événements de la fin du Moyen Âge jusqu'à nos jours.

La carotte de Poil a aussi fait d'objet d'une analyse de susceptibilité magnétique réalisée à Dijon, sous la direction de Ch. Petit (voir chap. 1.3.4.1.). Les résultats obtenus montrent une variabilité très faible des valeurs mesurées sur l'ensemble de la carotte, les amplitudes maximum n'atteignant même pas la valeur 1. Ils indiquent une relative stabilité de la composition sédimentaire et organique de la carotte. Toutefois, ces variations, même de faible ampleur, montrent une bonne corrélation avec les autres indices biotiques d'apports érosifs, comme les microfossiles par exemple (voir fig.2.12.)

L'intérêt du forage du Poil réside principalement dans sa situation privilégiée au cœur d'une zone riche en vestiges archéologiques de l'âge du Fer jusqu'au Moyen-âge. Comme le montre la figure 2.11., dans un rayon d'environ 500 mètres à l'ouest de la petite zone humide, sont identifiés : les enclos protohistoriques du Carzot révélés par les photographies aériennes de R. Goguey (Bigeard 1996, Goguey 1996), l'occupation laténienne et gallo-romaine au Quart-du-Bois (Bigeard 1996, Haupt *et al.* 2007) et la maison forte de Montantaume.

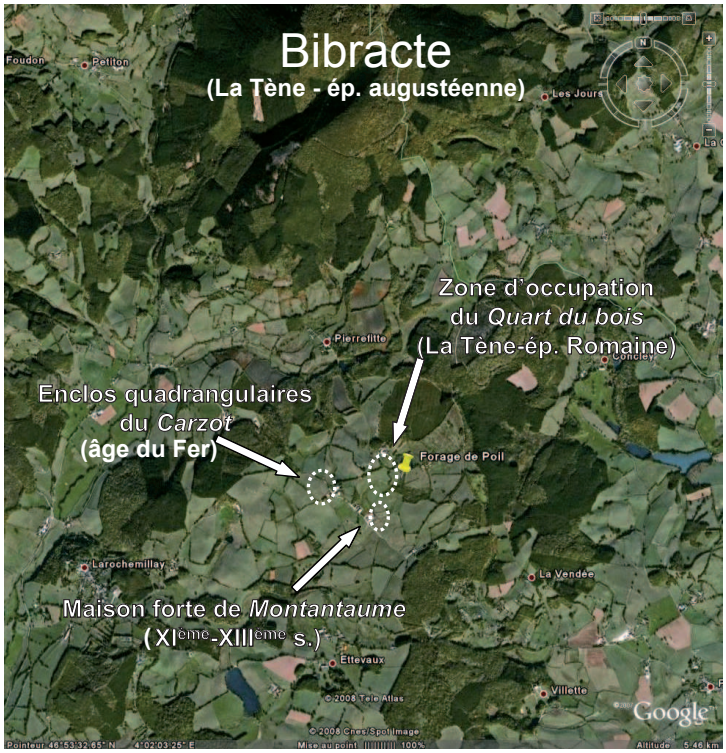



**Fig. 2.11.** Point de carottage du Quart-du-Bois (Poil), et vestiges archéologiques environnants

| ZPL | Prof. cm | Strate arboréenne | Strate herbacée | Microfossiles Non-Polliniques |
|---|---|---|---|---|
| **P4c** | 21 | - la chute de *Castanea* se poursuit, les taux se stabilisant autour de 10% dans les niveaux supérieurs<br>- la courbe de *Pinus* prend de l'importance | - augmentation régulière de la courbe des Poaceae ainsi que de celle des Cyperaceae.<br>- la courbe de *Cerealia*-type oscille entre 2 et 5% ; *Secale* et *Cannabis*-type décroissent en seconde partie de zone | - augmentation des MNP aquatiques notamment *Botryoccocus*<br>- T55A T113 et même T368 restent bien représentés<br>- présence constante de T140 et T200 |
| **P4b** | 49 | - chute sensible et régulière du taux de *Castanea*<br>- les autres taxons restent constants et toujours discrets<br>- courbe continue de *Juglans* | - augmentation régulière de la courbe des Poaceae ainsi que de celle des Cyperaceae<br>- pics ponctuels et concomitants des courbes de plantes cultivées | |
| **P4a** | 65 | - après un léger fléchissement entre les deux zones, qui profite à *Salix*, *Castanea* atteint un maximum de plus de 40%<br>- *Quercus* connait aussi une légère augmentation | - baisse du taux de Poaceae<br>- baisse sensible des courbes de céréales et de *Cannabis*-type<br>- la courbe des Cyperaceae poursuit sa chute | |
| **P3c** | 85 | - augmentation notable du taux de *Castanea* qui domine nettement les spectres des taxons arboréens<br>- baisse du taux de *Quercus* | - parmi les IPA toujours constants apparition d'occurrences de *Fagopyrum*<br>- la courbe des Cyperaceae augmente à nouveau, puis chute en fin de zone | - présence générale importante et diversifié des MNP<br>- augmentation régulière de T126 et pic en P3c<br>- après une légère baisse en P3a, représentation spectaculaire de T207, T55A et T113 en cours de zone ; présence régulière de T368. Tous tendent à la baisse en fin de zone<br>- deux pics de T181 concomitants de ceux des Cyperaceae |
| **P3b** | 109 | - forte augmentation du taux de *Castanea* qui atteint 10% au niveau -98. Chute en fin de zone<br>- seule la courbe de *Quercus* dépasse les 10% | - les IPA restent bien représentés. Courbe continue de *Centaurea cyanus*, qui ne disparaît qu'en fin de zone<br>- chute rapide des Cyperaceae | |
| **P3a** | 121 | - taux de pollen d'arbres à peine au dessus de 20 %<br>- *Quercus* majoritaire<br>- légère augmentation de *Castanea* | - courbes continues de *Cerealia*-type (jusqu'à 5%), *Secale* et *Cannabis*-type<br>- rudérales diversifiées, présence régulière de *Papaver rhoeas*-type et *Centaurea cyanus*<br>- importante augmentation des Cyperaceae | |
| **P2** | 141 | - chute drastique du taux d'*Alnus*, de 20 à 5%<br>- *Fagus* perd encore de l'importance<br>- légère augmentation de la courbe de *Castanea*<br>- première occurrence de *Juglans* | - taux de Poaceae autour de 35%<br>- courbe moins importante mais toujours continue de *Cerealia*-type et *Secale*<br>- spectaculaire pic de spores monolètes | - baisse du T44<br>- présence régulière de T126<br>- apparition de T207 |
| **P1b** | 165 | - baisse légère de *Corylus*, et baisse plus importante pour *Fagus*<br>- stabilité des autres taxons<br>- occurrences continues de *Castanea* | - taux de *Cerealia*-type en augmentation<br>- apparition de *Secale* et occurrence de *Cannabis*-type<br>- augmentation des IPA, notamment *Urtica,* et diversification des taxons | - quelques MNP aquatiques<br>- occurrences régulières de T44<br>- présence continue de T113 suivi de T55A |
| **P1a** | 175 | - taux de pollen d'arbres entre 50 et 60%<br>- *Alnus* est le taxon dominant<br>- *Quercus*, *Corylus* et *Fagus* oscillent entre 10 et 15% | - les Poaceae augmentent de 20 à 30 %<br>- présence de pollen de *Cerealia*-type et de rudérales<br>- cortège d'herbacées relativement diversifié | - quasi absence de MNP, même les indéterminés sont peu nombreux |

**Tab. 2.8.** Description du diagramme pollinique, Zones Polliniques Locales (ZPL), et du diagramme des Microfossiles Non Polliniques (MNP) (sens de lecture : de bas en haut) - diagrammes A.8. et A. 9.

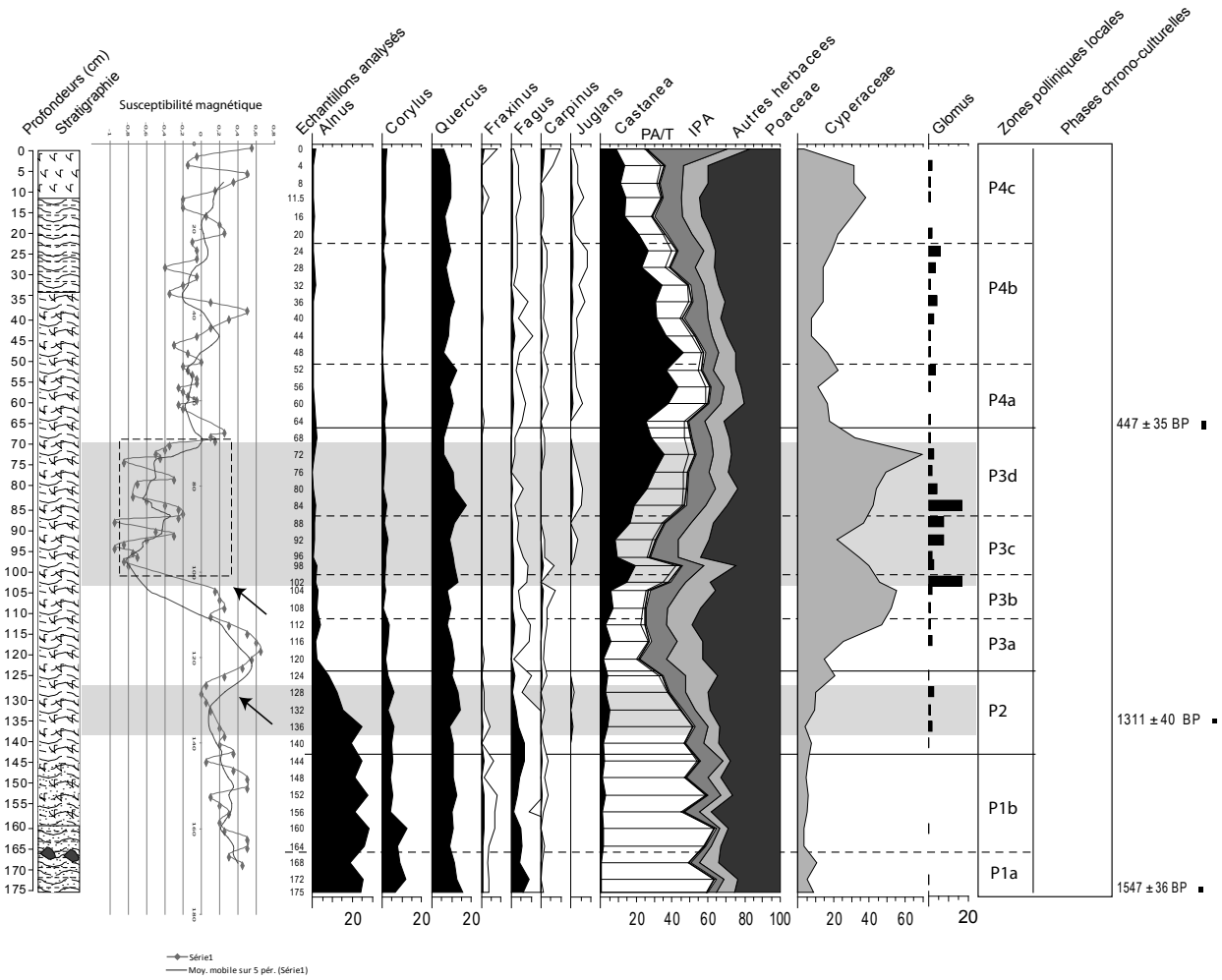



**Fig. 2.8.** Zone humide du Quart-du-Bois (Poil) -
Phases d'érosion, susceptibilité magnétique et présence de *Glomus*

## Commentaire

(Analyse des fig. A.8., A.9. et 2.8.)

### ZPL P1

L'enregistrement sédimentaire débute dans un milieu déjà largement ouvert. Les pourcentages de pollen d'arbres dans la ZPL1a oscillent entre 50 et 60% et l'aulne (*Alnus*) y tient une place majoritaire. Cette essence est plutôt représentative de la ripisylve liée au ruisseau qui coule à proximité et de la végétation de la zone humide, que de la forêt environnante. Celle-ci est principalement représentée par la présence du pollen de chêne (*Quercus*), de noisetier (*Corylus*) et de hêtre (*Fagus*). Le charme (*Carpinus*) apparaît en ZPL 1b, ainsi que le châtaignier (*Castanea*). La représentation pollinique du couvert herbacé est dominée par plus de 20% de pollen de poacées (Poaceae). Les indices d'activité humaine sont déjà présents : du pollen de céréale (*Cerealia*-type) et de plantes rudérales représentées par le plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*), des Rubiacées

et surtout des oseilles (*Rumex*) caractérisent la ZPL1a. La seconde partie de cette zone (1b), voit une augmentation de ces IPA, et l'apparition d'autres indices de cultures comme le seigle (*Secale*) et, de façon plus sporadique, le chanvre (*Cannabis-type*). On y enregistre aussi l'apparition de marqueurs du pastoralisme : une augmentation du taux de pollen d'ortie (*Urtica*) et des indices d'eutrophisation de la zone de dépôt que sont les Sordariales (T55A). La présence des spores du champignon coprophile *Sporormiella* (T113) apporte un indice supplémentaire sur la présence de bétail proche de la zone humide. La date radiocarbone effectuée au niveau -173,5/-175 permet de placer cette zone au début du haut Moyen Âge. Sur le site du Quart-du-Bois, pour cette période, les indices polliniques montrent un impact humain grandissant durant la première moitié du haut Moyen Âge.

**ZPL P2**

Au cours de la deuxième zone pollinique locale les taux d'aulne diminuent de façon drastique. Les taux de hêtre et de noisetier déjà peu importants tendent aussi à la baisse. L'ouverture locale du milieu, surtout attribuable à la disparition de l'aulnaie, profite principalement dans un premier temps, au développement des fougères, marqué par un pic spectaculaire de spores monolètes. La courbe des IPA est en légère baisse par rapport à la fin de la zone précédente, et les MNP coprophiles sont présents, mais toujours discrets. En revanche, un nouveau taxon fait son apparition, il s'agit de *Glomus*, un champignon qui se développe dans les parties supérieures du sol. Son apparition ici, au moment de la disparition de l'aulnaie évoque un apport érosif qui est corroboré par la légère inflexion de la courbe de susceptibilité magnétique (fig. 2.12.). Cette phase peut être attribuée à la seconde moitié du haut Moyen Âge (du milieu du VII$^{e}$ siècle jusqu'au X$^{e}$ siècle), grâce à une date réalisée à 134-135 cm de profondeur,.

**ZPL P3**

La représentation pollinique du couvert forestier atteint son minimum en ZPL 3a. L'aulnaie a disparu et les autres taxons arboréens restent discrètement présents. Seuls les pourcentages du chêne dépassent les 10%. Cette situation reste à peu près stable pour les trois sous-zones, hormis pour la courbe du châtaignier qui présente un pic autour de 15-20% dans la ZPL 3b, mais qui va surtout progresser de façon spectaculaire dans le cours de la zone 3c. La culture du noyer (*Juglans*) est attestée tout au long de la seconde partie de la zone. La baisse des taxons arboréens correspond à une augmentation sensible du taux des Poacées. Dans le même temps, le pollen de

plantes prairiales comme les composées de type Cichorioideae est en augmentation. Au cours de la zone, la représentation du couvert herbacé gagne aussi en diversité, ce ne sont pas moins de 13 nouveaux taxons qui apparaissent. Les courbes des plantes cultivées, céréales de type blé orge et/ou avoine, de seigle (*Secale*) et de chanvre sont continues pour l'ensemble de la zone 3. Le sarrasin (*Fagopyrum*) fait son apparition dans la ZPL 3c. En ZPL 3a et 3b la présence constante de pollen de messicoles, comme le coquelicot (*Papaver rhoeas*-type), et surtout le bleuet (*Centaurea cyanus*), atteste de la proximité des cultures (Brun *et al.* 2007, Brun 2007). Un apport érosif du pollen de plantes cultivées et/ou poussant sur les pentes qui s'étendent en haut de la zone de forage peut-être envisagé. Cette hypothèse est corroborée par la présence de *Glomus* qui est fortement représenté en zone 3b et au début de la 3c. L'augmentation des ascospores de champignons coprophiles est encore plus spectaculaire et atteint des taux jamais égalés dans les autres tourbières du Morvan. *Sporormiella*, le taxon dominant, est accompagné tout au long de la zone de *Sordaria*-type et de *Podospora*. On remarque aussi de façon concomitante la présence de *Valsaria variospora*-type (T140) et du celle du type 124 cf. *Persiciospora* qui indiquent l'eutrophisation de la zone humide (voir fig. A.9 et chap. 1.3.2.1.). La présence de ces microfossiles indicateurs de fumier, dans le même temps que des indices de cultures proches, peut ici être interprétée de deux façons différentes en termes de pratiques agro-pastorales. Tout d'abord elle peut être expliquée par la pratique conjointe de l'élevage et de l'agriculture sur le même terroir dans l'environnement de la zone. La pression pastorale serait alors particulièrement élevée ! Les taux d'ascospores de *Sporormiella* (moyenne de 6% tout au long de la zone et deux pics au dessus de 35 % dans les échantillons –92 et -84), si on les confronte avec les résultats obtenus lors des tests effectués sur les déjections et zones pâturées, sont plutôt comparables à ceux obtenus dans l'analyse des déjections elles-mêmes, et même les bouses les plus évoluées (chap. 1.3.2.1). Il nous semble donc qu'une explication probable pourrait être celle de l'apport de fumure dans les cultures qui couvraient les coteaux, et la présence des ascospores coprophiles seraient là aussi le résultat d'apports érosifs dans le petit bassin constitué par la zone humide. La zone pollinique locale 3, d'après le modèle âge-profondeur, couvre la période du IX$^{e}$ au XV$^{e}$ siècle. Au cours de cette zone les indices les plus forts de pression anthropique concernent surtout la période qui s'étend du XI$^{e}$ au XIII$^{e}$ siècle. D'après les données archéologiques disponibles à ce jour, cette

chronologie semble correspondre au moins en partie à l'occupation de la maison forte de Montantaume (communication orale P. Nouvel) (voir fig. 2.11).

**ZPL P4**

Après une légère baisse à la transition entre les zones 3 et 4, les taux de châtaignier atteint leur maximum en ZPL 4a, entre 35% et 45% de la somme pollinique. Les autres taxons arboréens maintiennent alors une représentation discrète, avec même une légère hausse par rapport à la zone précédente. Par ailleurs, le pollen d'arbustes est un peu moins présent que lors de la période précédente. Cette hausse de la représentation du couvert arboréen est corrélée à une baisse sensible du taux de graminées sauvages et elle est précédée d'une baisse drastique des cypéracées. De façon concordante, les indicateurs d'un niveau élevé de l'humidité de la zone de dépôt sont plutôt discrets, évoquant une ambiance un peu moins humide, qui caractérise cette période chronologique couvrant les XV$^{e}$ et XVI$^{e}$ siècles

A l'inverse, dans les zones 4b et surtout 4c le niveau d'humidité semble augmenter, comme l'évoque la présence constante de *Botryococcus*, ou encore la courbe ascendante des Cypéracées. Une baisse légère des plantes cultivées est aussi enregistrée en ZPL 4a. Mais la diversité des herbacées en général et des herbacées favorisées par l'activité humaine reste importante. De même, les ascospores indicatrices de fumier sont toujours bien présentes, même si elles rejoignent une représentation beaucoup moins spectaculaire qu'au cours de la zone 3. L'importance de *Sporomiella* faiblit durablement à partir de la fin de la zone P4b. La ZPL 4c voit la prairie reprendre de l'importance au détriment notamment du châtaignier. La présence dans les niveaux supérieurs de grains de pollen d'ambroisie (*Ambrosia*-type) et l'augmentation du taux de pollen de pin tendent à les attribuer à la période récente de l'après-guerre.

**Synthèse**

Le premier témoignage historique que nous apporte l'étude de la séquence du Quart-du-Bois à Poil, concerne son existence même. En effet, l'hypothèse d'une origine humaine du remplissage organique de ce petit fond de vallon est envisageable. Il est difficile sur des critères purement climatiques d'expliquer pourquoi une accumulation débute à ce moment précis alors que les fluctuations du Tardiglaciaire et de l'Holocène n'ont pas produit cet effet. Par ailleurs, les prospections reprises sur le site depuis 2006 dans le cadre du programme *Environnement du Mont-*

*Beuvray*, montrent l'existence d'aménagements qui pourraient être mis en relation avec l'occupation romaine du site, probablement un établissement rural important de type *villa* (Haupt *et al.* 2006, Haupt *et al.* 2007). La poursuite des investigations archéologiques et des prospections permettront peut-être d'en préciser la nature et la chronologie. Toutefois, l'état actuel des connaissances nous permet d'imaginer que le remplissage tourbeux, qui chronologiquement fait suite à la fin de l'occupation romaine, a pu avoir pour origine l'abandon d'un certain type d'organisation du territoire qui a modifié le fonctionnement hydrologique de la zone, comme cela a pu être observé dans le Massif central (Cubizolle *et al.* 2004). Par la suite, les aménagements médiévaux et modernes ne viendront pas interrompre le processus engagé à ce moment-là.

L'analyse pollinique montre que depuis les V^e^-VI^e^ siècles les traces d'activités agro-pastorales sont constantes sur le site, sans rupture majeure entre les phases d'occupation reconnues par l'archéologie. La représentation du couvert forestier est particulièrement basse et, contrairement à l'ensemble des autres enregistrements du Morvan, le hêtre y tient une place extrêmement réduite (les taux varient entre de 4 et 9% en zone 1 et n'atteignent que très rarement 1% dans les zones 3 et 4). Seul le chêne bénéficie d'une représentation relativement constante, avec des taux qui n'oscillent pourtant qu'autour de 15% du total de la somme pollinique. Au sein de ce paysage très ouvert, il a été possible de mettre en évidence différents types de pratiques agro-pastorales et de dater assez précisément le démarrage des cultures emblématiques du Morvan : le seigle, le chanvre, le sarrasin et le châtaigner.

Si les grains de pollen de céréale de type blé, orge et avoine sont déjà présents dés le début de l'enregistrement pollinique, l'apparition de la culture du seigle se fait autour des VI^e^-VII^e^ siècles. Elle sera ensuite continue jusqu'à nos jours.

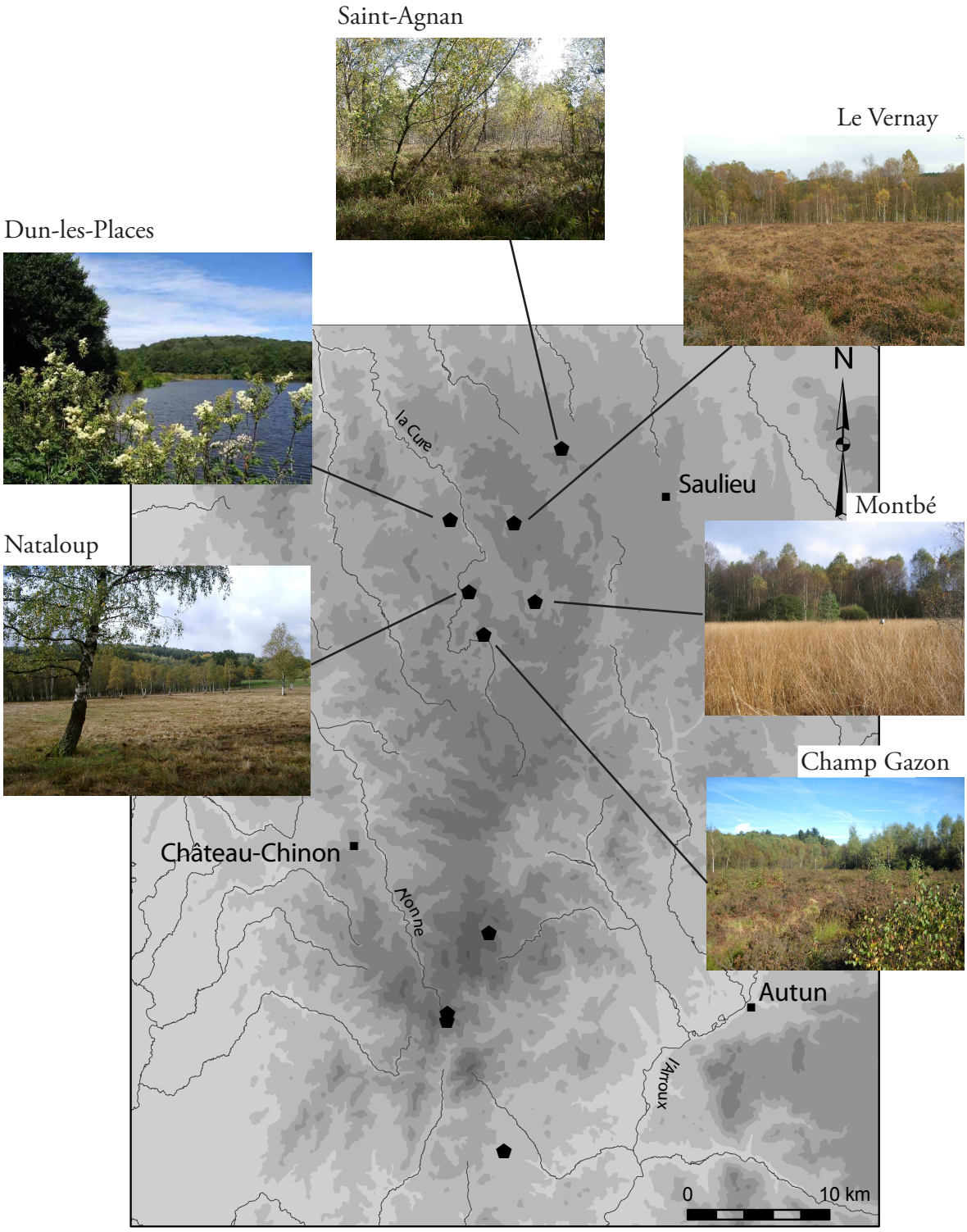
Les premières occurrences de pollen de chanvre apparaissent au même moment, mais les indices de culture continue ne se placent qu'autour du IX^e^ siècle. Comme pour le seigle, la présence de pollen de chanvre reste ensuite constante jusqu'aux niveaux supérieurs. Détecter la culture du sarrasin par le biais de l'analyse pollinique est une opération plus délicate. C'est une espèce qui pollinise peu et dont la dispersion pollinique est extrêmement limitée. De ce fait, la présence de grains de pollen de sarrasin, même si elle est rare et toujours en faible quantité est une bonne indicatrice de la culture de l'espèce dans une zone proche de la zone analysée. A Poil, des occurrences régulières sont notées entre le XIII^e^ et le XIX^e^ siècle.

L'analyse du diagramme pollinique montre que ces différentes cultures semblent développées en parallèle et non en concurrence les unes par rapport aux autres. Les légères fluctuations des courbes sont en général concomitantes, comme la baisse enregistrée en ZPL 4a, soit au cours des XV^e^-XVI^e^ siècles, ou encore les pics enregistrés en ZPL 4b au cours de l'époque moderne. Les indicateurs de pastoralisme sont aussi très présents, même si, on l'a vu plus haut, l'existence de la pratique de fumure des cultures peut aussi expliquer les très forts taux d'ascospores de champignons coprophiles enregistrés à certaines périodes.

Dès le IX^e^ siècle, le diagramme pollinique de Poil montre une forte anthropisation avec la présence d'indicateurs de proximité et la multiplicité des marqueurs d'activités humaines (agriculture, pastoralisme, extension de la culture du châtaigner, érosion). Cette phase de très forte emprise agro-pastorale est en partie contemporaine de la phase d'occupation de la maison forte de Montantaume (XI^e^-XIII^e^ siècles), et c'est également pour cette période que l'on observe sur la carotte, entre 100 et 70 centimètres de profondeur (fig. 2.12.), la convergence de différents marqueurs évoquant une phase d'érosion (ZPL P3). Toutefois, même si cette période est localement la plus tout au long de l'enregistrement pollinique de Poil, il n'y a pas signe flagrant de déprise agricole majeure jusqu'à nos jours.

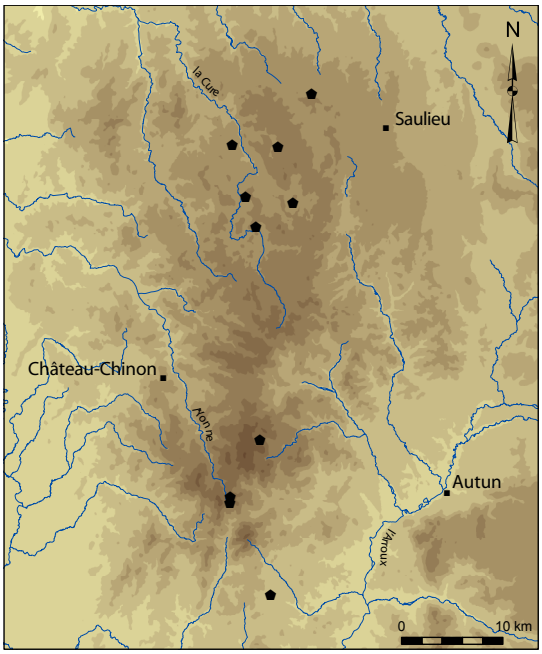
Enfin, c'est aussi et surtout l'importance de la culture du châtaigner, révélée par le diagramme pollinique de Poil, qui en fait sa grande originalité. Les premiers niveaux analysés n'ont pas enregistré la présence de châtaignier, mais rapidement - cette espèce fait son apparition et se maintient autour de 5% jusqu'au XII^e^ siècle. Le taux de pollen va ensuite croitre et dominer durablement la représentation des taxons arboréens. Même si le châtaignier est une espèce qui a une production et surtout une dispersion pollinique importante (Frei 1997), les taux atteints à Poil et la longévité de la représentation ne peuvent que correspondre à une production locale durable de châtaignes. Traditionnellement dans le Morvan, terre peu propice à la céréaliculture, la châtaigne a constitué un apport alimentaire non négligeable (Crosnier 1998). A Poil, l'apogée de la culture du châtaignier semble se situer entre le XIII^e^ et le début du XVII^e^ siècle. Aujourd'hui encore, cette essence est bien présente dans le paysage et, témoignant de l'importance de cette culture dans la région, un hameau voisin porte le nom évocateur de « Les Châtaigniers ».

# 2.2. TOURBIÈRES DU MORVAN DES COLLINES



### 2.2.1. Tourbière de Montbé

*Gouloux (Nièvre)*




Forage : octobre 2006

Coordonnées géographiques : 47° 12’ 53” N
4° 06’ 25” E

Altitude : 560 m

La tourbière de Montbé est localisée dans le Morvan central, sur la commune de Gouloux. Au lieu-dit « le Grand Vernet », en tête de bassin du ruisseau du Caillot, entre les hameaux du Grand-Monbé et du Creusot, une végétation typique des fonds de vallons humides du Morvan se développe. Au sein de cet ensemble, la zone qui a été prospectée et forée, est une tourbière ombrotrophe dégradée, envahie par la molinie. Afin, d’enrayer le processus d’assèchement, un programme de restauration de la tourbière est actuellement mis en place dans le cadre du PNR du Morvan. Nous avons pu ainsi bénéficier pour nos prospections, de la présence et des conseils de Pierre Durlet chargé de mission au Parc du Morvan. Dans le cadre des travaux de terrain, les étudiants du Master II Pro Archéosciences ont procédé à une série de sondages géoréférencés ayant pour but d’établir un profil schématique du fond de la tourbière et de déterminer la zone de remplissage la plus profonde. Ces prospections ont mis en évidence un dénivelé progressif du substrat de la tourbière vers l’est, avec des épaisseurs assez régulières d’environ 1 mètre de tourbe, qui aboutissent en bordure orientale à une zone circonscrite de quelques mètres carrés où les profondeurs atteignent 2 mètres (fig. 2.13.). Le forage a été effectué à cet emplacement précis et une séquence d’1,83 m a été obtenue.

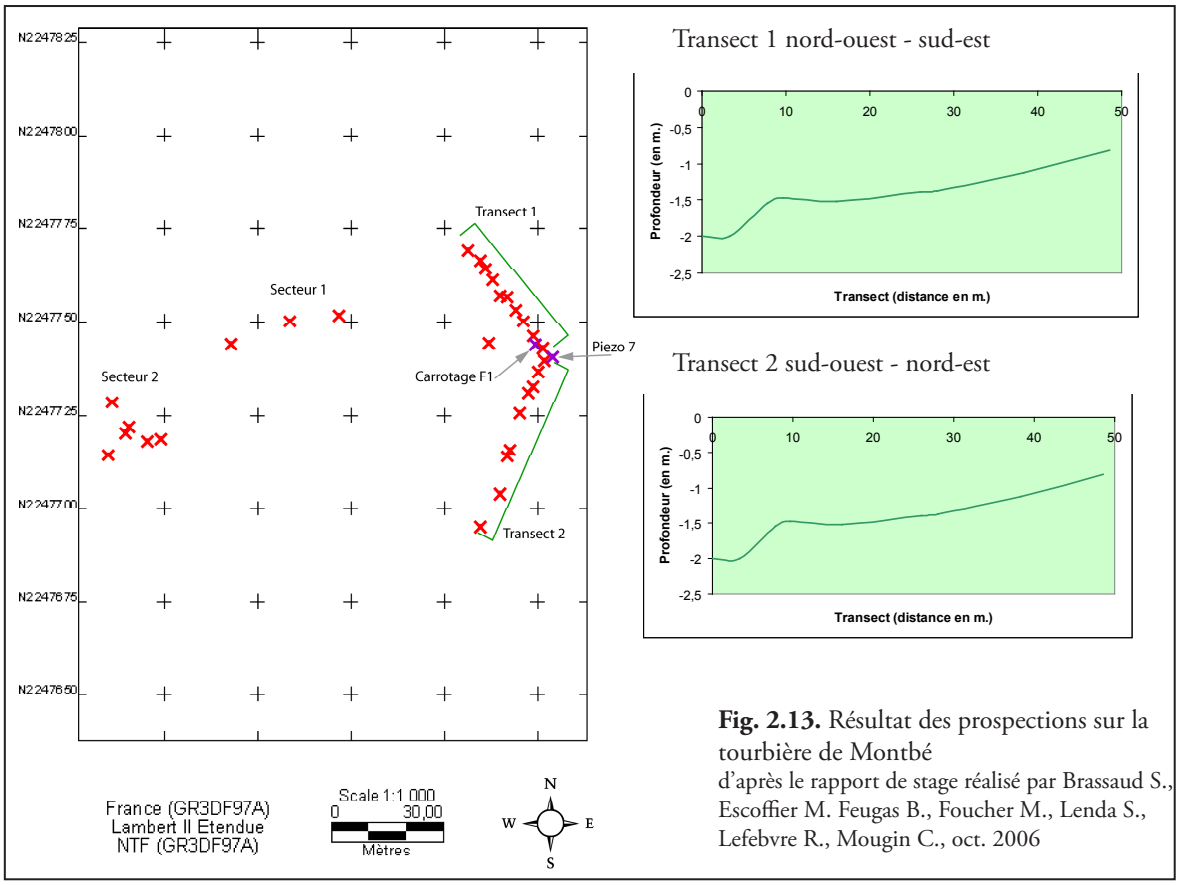



**Fig. 2.13.** Résultat des prospections sur la tourbière de Montbé
d'après le rapport de stage réalisé par Brassaud S., Escoffier M. Feugas B., Foucher M., Lenda S., Lefebvre R., Mougin C., oct. 2006

## La séquence sédimentaire

**Tab. 2.9.** Datations radiocarbone AMS

| Profondeur (cm) | Matériel | Code lab. | Âge $^{14}$C BP | Dates calibrées BC-AD (2 sigma) |
|---|---|---|---|---|
| 56-57 | tourbe | Poz-26581 | 1880 ± 35 BP | 70-210 cal AD |
| 80-81 | macrorestes | Poz-26604 | 2190 ± 35 BP | 380-160 cal BC |
| 112-113 | macrorestes | Poz-26582 | 2410 ± 40 BP | 750-390 cal BC |
| 125,5-126,5 | macrorestes | Poz-26605 | 2720 ± 30 BP | 920-810 cal BC |
| 168-169 | tourbe | Poz-26583 | 3485 ± 35 BP | 1900-1690 cal BC |
| 179-180 | macrorestes | Poz-26606 | 3045 ± 35 BP | 1390-1210 cal BC |

Datations réalisées au Poznan Radiocarbon laboratory - Pologne (Poz) et calibrée avec Oxcal v3.10 (Bronk Ramsey 2005, Reimer 2004)

La carotte montre un début de stratigraphie composé d'argile gris-beige, sableuse dans les horizons les plus profonds, qui évolue progressivement vers un remplissage tourbeux. (fig. 2.14.). Cinq datations radiocarbone par AMS, effectuées entre 169 et 56 centimètres de profondeur, permettent de dresser un modèle âge/profondeur du remplissage de type *Gam's model* (fig. 2.14.). Une date plus profonde, réalisée dans les niveaux argileux (-179/-180) n'a pas pu être utilisée pour établir la chronologie de la stratigraphie, car beaucoup trop récente pour être cohérente avec les autres dates, d'une part, et les assemblages polliniques d'autre part. L'évaluation du début du remplissage, d'après les datations retenues, se situerait plutôt au début du Subboréal, durant les dernières phases du Néolithique, soit au Néolithique Récent ou Final (3200-2300 cal BC). Le modèle âge/profondeur, qui est cohérent avec l'enregistrement pollinique, ne montre pas de hiatus perceptible, mais une accélération de la sédimentation qui débute un peu après 130 centimètres de profondeur et se poursuit un peu au-delà de -60 cm, offrant un enregistrement relativement détaillé de l'âge du Bronze jusqu'à l'époque gallo-romaine. L'accumulation tourbeuse des 50 derniers centimètres se ralentit à nouveau, enregistrant de façon moins précise les variations de la végétation des derniers 1500 ans, soit du Moyen Âge jusqu'à nos jours.

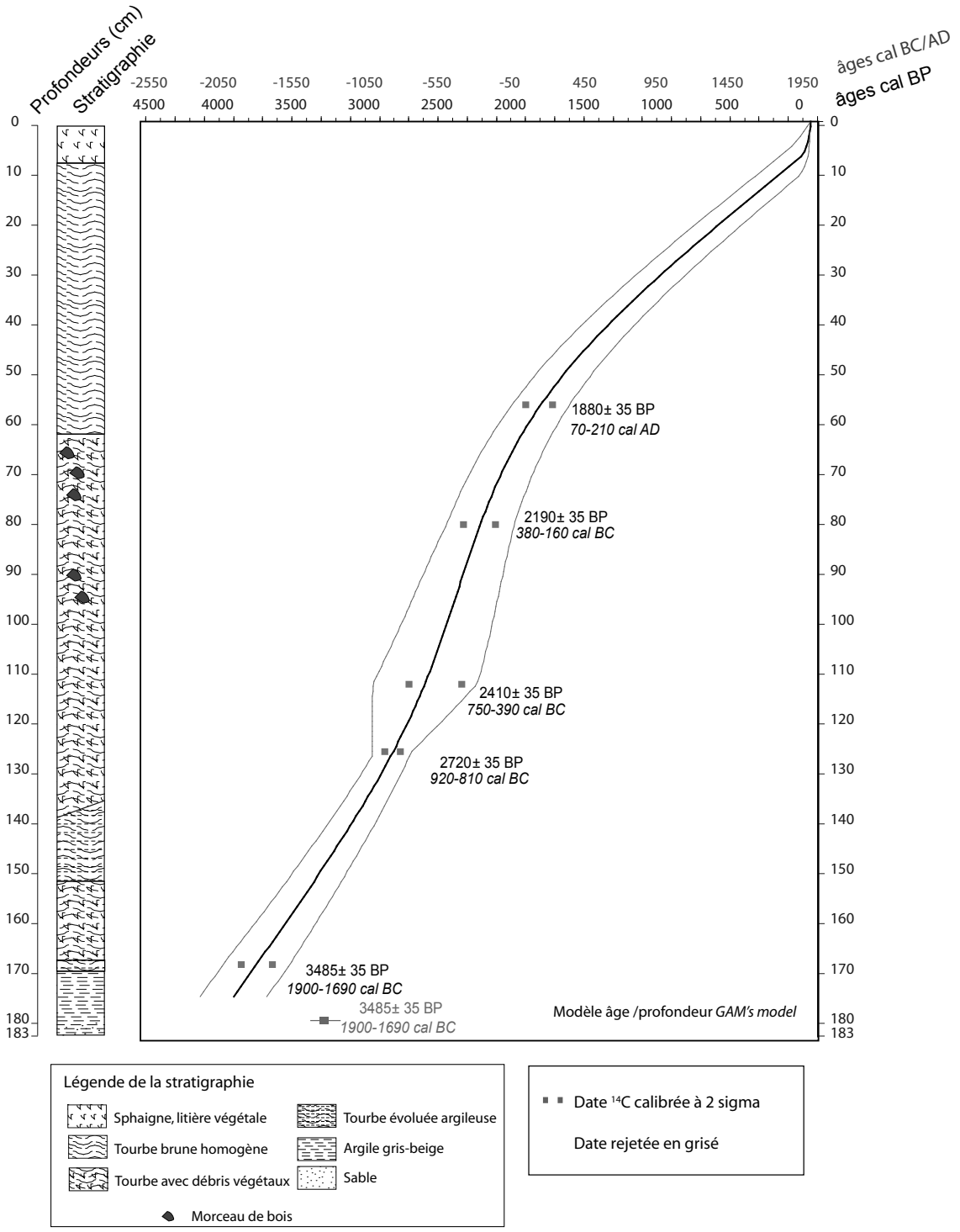



**Fig. 2.14.** Tourbière de Montbé (Gouloux) - stratigraphie et modèle âge/profondeu

| ZPL | Prof cm | Strate arboréenne | Strate herbacée | Microfossiles Non-Polliniques |
|---|---|---|---|---|
| **M5** | 9 | - chute drastique des taux de *Fagus*, même tendance pour *Corylus* et *Quercus*<br>- infime représentation de *Betula* et *Alnus*<br>- augmentation de *Pinus* et *Picea*<br>- pics de *Castanea* et *Juglans* en début de zone | - augmentation spectaculaire des Poaceae qui atteignent 80% en surface<br>- forte présence de l'ensemble des IPA sur le premier niveau, ils diminuent ensuite régulièrement<br>- petit pic de *Calluna* au niveau -4 | - forte représentation des types 16, 18 et surtout 10 au premier niveau de la zone<br>- présence de T55a et T113 aux niveaux -8 et -4<br>- quasi-disparition des MNP en surface |
| **M4e** | 33 | - début de zone marquée par une baisse de *Fagus*, *Quercus*, *Corylus*, *Alnus* et *Betula*<br>- légère augmentation de la courbe de *Carpinus*<br>- présence régulière de *Castanea* et *Juglans* en fin de zone | - forte augmentation des Poaceae<br>- courbe continue de *Cerealia*-type, représentation plus irrégulière de *Secale*, *Cannabis*-type, et pour les apophytes de *Plantago lanceolata* et de *Rumex*<br>- pic de *Melampyrum* en début de zone et de *Filipendula*-type en fin de zone | - seul T18 est présent à tous les niveaux, en quantité parfois importante<br>- faible présence de coprophiles, dans les premiers niveaux, plus forte en fin de zone, avec la présence de T113 et 368 |
| **M4d** | 41 | - augmentation de l'ensemble des taxons, particulièrement *Betula*, *Corylus* et *Carpinus* en début de zone, *Salix* et *Fraxinus* en seconde moitié de zone | - importante chute des taux de Poaceae<br>- baisse de *Cerealia*-type et réapparition de *Cannabis*-type au dernier niveau ; quasi-disparition de *Plantago lanceolata*<br>- nouvelle augmentation de *Melampyrum* | - quasi-disparition de l'ensemble des MNP |
| **M4c** | 61 | - baisse des taux de *Fagus* en première partie de zone et au dernier échantillon<br>- stabilité de *Betula*, *Quercus* et *Alnus*<br>- tendance à la baisse pour *Corylus*<br>- première occurrence de *Castanea* à -52 cm et de *Juglans* à 48 et 44 cm de profondeur | - forte augmentation des Poaceae, baisse des Cyperaceae<br>-présence toujours constante de *Cerealia*-type, accompagnée ponctuellement de *Secale* et *Cannabis*-type à -52 cm<br>-pic de *Potentilla*-type en début de zone, et nouvelle augmentation de *Melampyrum* | - nouvelle augmentation du nombre et de la variété des MNP<br>- T16, T144 et T360 sont toujours présents<br>- bonne représentation de T18 et augmentation de T126 en fin de zone<br>- représentation constante de T55a et T112a, occurrences de T113, T7a et T172 |
| **M4b** | 73 | - chute de *Betula* et légère remontée des taux d'*Alnus*<br>- légères fluctuations de *Fagus* autour de 40%<br>- stabilité de *Quercus* autour de 15%<br>- courbes minimes mais régulières d'*Ulmus*, *Fraxinus*, *Pinus*, *Carpinus* | - courbes de Poaceae et Cyperaceae dans la continuité de la phase précédente<br>- présence continue de *Cerealia*-type et de l'ensemble des apophytes<br>- stabilité des Ranunculaceae autour de 4%<br>- diminution des taux de *Melampyrum* | - forte baisse du nombre des MNP identifiés et non identifiés<br>- seuls des types 16, 18 et 123 sont présents constamment |
| **M4a** | 97 | - augmentation des taux de *Betula* et pic en fin de zone<br>- *Fagus* tend à la baisse<br>- courbe plus importante de *Salix*<br>- baisse de la représentation d'*Abies*<br>- augmentation de *Sorbus* | - stabilité de la courbe des Poaceae autour de 10%, tendance à la baisse des taux de Cyperaceae<br>- augmentation de *Cerealia*-type<br>- baisse durable des Ranunculaceae, bonne représentation de *Melampyrum* et des Composées (Asteroideae et Cichorioideae) | -augmentation importante du type 18<br>- présence régulière de T126<br>- présence constante des types 16, 44, 360 et du type 55a<br>- occurrences régulières de T28, T8, T37 et T353 et T123 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **M3b** | 113 | - baisse sensible de *Fagus* sur les premiers niveaux<br>- les taux des autres taxons arboréens sont plutôt stables<br>- augmentation de *Betula*<br>- constitution d'une courbe régulière de *Carpinus* | - augmentation durable des Poaceae et représentation toujours importante des Cyperacae<br>- baisse de la courbe de *Cerealia*-type ; *Cannabis*-type suit la même dynamique ; présence continue des principales apophytes<br>- bonne représentation des Ranunculaceae, des Apiaceae et de *Melampyrum* qui chute ponctuellement de 104 à 102 cm de profondeur | - très forte augmentation des MNP identifiés et non identifiés<br>- augmentation spectaculaire de T126 et apparition en nombre T123<br>- présence constante de T55a et en première partie de zone de T112a<br>- occurrences de T8, T37 et T353<br>- en seconde partie de zone : apparition des types 28, 27 et 357 |
| **M3a** | 129 | - chute drastique d'*Alnus*<br>- légère baisse ponctuelle de *Corylus*<br>- léger déclin de la courbe de *Fagus*<br>- augmentation des taux de *Betula* et premières occurrences ponctuelles de *Carpinus* au niveau -128 et -116 | - augmentation rapide et spectaculaire des Cyperaceae ; petit pic de Poaceae<br>- occurrences de *Rumex*, des Rubiaceae et Urticaeae en première partie de zone ; *Cerealia*-type et de *Plantago* en fin de zone seulement<br>- baisse des spores monolètes et pic de *Sphagnum* | |
| **M2b** | 144 | - forte augmentation des taux d'*Alnus* au cours de la zone<br>- légère augmentation de *Corylus*<br>- apparition d'une courbe peu importante mais continue d'*Abies*<br>- stabilité des autres taxons arboréens<br>- présence continue de *Sorbus*-type | - diminution régulière des Poaceae<br>- une occurrence de *Cerealia*-type en début de zone seulement, mais présence continue de *Plantago lanceolata*, *Rumex*, de Rubiaceae et apparition d'*Urtica* en fin de zone<br>- augmentation de la courbe des spores monolètes | - bonne représentation constante de T44, T360 et T18<br>- quasi-disparition des types 16 et 126<br>- quelques occurrences sporadiques et irrégulières des coprophiles T55a, T112a, T172 et T7a |
| **M2a** | 169 | - domination de *Fagus*, la courbe augmente légèrement au cours de la zone<br>- baisse des courbes d'*Alnus* et *Tilia* dans un premier temps ; la courbe de *Quercus* décroit un peu plus tard<br>- développement d'une courbe continue de *Betula* | - légère hausse des Poaceae en début et fin de zone ; augmentation des Cyperaceae, en fin de zone<br>- pic de Ranunculaceae et de *Melampyrum*<br>- présence de *Cerealia*-type en début de zone ; présence des apophytes plutôt en seconde partie de zone<br>- importante baisse du taux de spores monolètes | - augmentation de la représentation des ascospores<br>- présence constante et relativement importante de T16, T18 et T126 ; apparition plus tardive de T44 puis T360<br>- occurrences sporadiques des types 55a, 112a et 112c |
| **M1** | 182 | - forte prédominance du pollen d'*Alnus*<br>- courbes constantes de *Corylus* (25%) et de *Quercus* (20%)<br>- baisse croissante de *Tilia*<br>- présence d'*Ulmus*, *Fraxinus*, *Pinus*<br>- *Fagus* apparaît en début de zone et augmente régulièrement | - faibles taux de Poaceae et Cyperaceae<br>- importance des Ranunculaceae ; idem pour *Filipendula*, qui baisse en fin de zone<br>- *Cerealia*-type dans le 1er échantillon, présence régulière de *Plantago lanceolata* et autres apophytes<br>- forte proportion de spores monolètes | - très faible représentation des MNP ; quelques micro-organismes aquatiques, T128 et 766, et quelques ascospores de champignons parasites |

**Tab. 2.10.** Description du diagramme pollinique, Zones Polliniques Locales (ZPL), et du diagramme des Microfossiles Non polliniques (MNP) (sens de lecture : de bas en haut) Diagrammes A.10. et A.11.

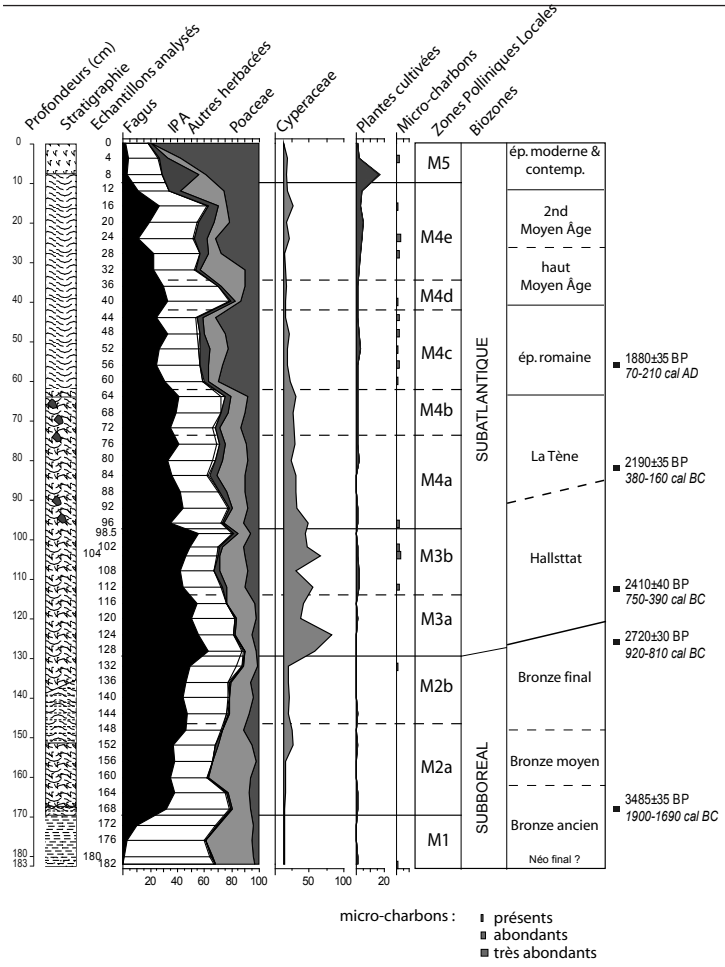



**Fig. 2.15.** Tourbièree de Montbé - diagramme simplifié

## Commentaire

(Analyse des fig. A.10., A.11. et voir aussi fig. 2.15.)

### ZPL M1

Le début de la séquence de Montbé est caractérisé par un couvert forestier dominant, principalement composé des taxons de la chênaie mixte mésothermophile : le chêne (*Quercus*), le tilleul (*Tilia*), le frêne (*Fraxinus*) et l'orme (*Ulmus*). Ils sont accompagnés de noisetier (*Corylus*) dont les taux oscillent entre 20 et 30%. Toutefois, le pollen largement dominant est celui de l'aulne (*Alnus*), reflet pollinique d'une aulnaie peuplant très probablement le fond du vallon où se situe la tourbière. Le hêtre (*Fagus*), absent de l'échantillon le plus profond, apparaît rapidement et augmente régulièrement. Le couvert herbacé est assez fortement représenté, constamment au-dessus de 30% du nombre de grains de pollen de la somme pollinique. Les graminées sauvages (Poaceae) et les Cypéracées y tiennent une place minime. En revanche, on note l'existence de courbes importantes de reine-des-prés (*Filipendula*) et de Renonculacées, qui sont accompagnées d'Apiacées et de valériane (*Valeriana*). Cet assemblage évoque la présence d'une mégaphorbiaie, stade initial de la formation de la tourbière, à laquelle correspond un remplissage sédimentaire composé d'argile grise, qui va progressivement s'enrichir en matière organique. Les fougères sont aussi fortement représentées, évoquant peut-être la strate basse de l'aulnaie. Les échantillons analysés les plus profonds (-182 et -180) contiennent des grains de

pollen de céréales (*Cerealia*-type), de type *Triticum* et, même si ceux-ci disparaissent ensuite, le pollen de plantes apophytes -comme le plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*), les chénopodes (Chenopodiaceae) et l'oseille (*Rumex*)- reste discrètement mais continuellement présent tout au long de la zone. Ces indices polliniques d'activité agricole, que l'on peut attribuer à la fin du Néolithique, Néolithique récent et/ou Final, restent ténus et ne sont pas associés à des défrichements perceptibles dans l'enregistrement pollinique.

**ZPL M2**

La zone 2 est marquée par l'effacement de la chênaie mésothermophile au profit de la hêtraie-chênaie. Le noisetier baisse aussi de façon significative. Localement, la représentation de l'aulnaie diminue nettement en ZPL 2a, alors que le bouleau s'installe de façon encore assez discrète. Cette première partie de zone voit aussi les taux de reine-des-prés continuer à baisser considérablement. Parallèlement, la présence constante et relativement importante de l'ascospore de type 18, un parasite de la linaigrette engainée (*Eriophorum vaginatum*), évoque une évolution de la zone de dépôt de la mégaphorbiaie vers la tourbière. Parallèlement le remplissage argilo-tourbeux du début de la zone évolue vers une accumulation tourbeuse à débris végétaux visibles. Les niveaux analysés montrent une présence beaucoup plus importante des MNP, notamment des ascospores de champignons parasites. Il s'agit tout d'abord de parasites de bois pourris et/ou de souches, comme *Byssothecium circinans* (T16), suivi d'*Ustulina deusta* (T44). L'augmentation des spores de Cypéracées en fin de zone 2a est probablement à mettre en relation avec une augmentation des laîches (*Carex*) au niveau de la tourbière, car leur présence est attestée par la quantité relativement importante de mycélium de *Clasterosporium caricinum* (T126). La ZPL 2 est aussi marquée par la croissance de plusieurs courbes d'herbacées comme le mélampyre (*Melampyrum*), les composées de type Asteroideae, une Liliacée ou Amaryllidacée indéterminée, les Dipsacacées, et de renouée bistorte (*Polygonum bistorta*), en première partie de zone. Les graminées sauvages restent peu importantes, leur courbe formant un pic seulement à la fin de la zone 2a. Ce pic semble correspondre à une ouverture de l'aulnaie, car seule la représentation de l'aulne fléchit au même moment. Comme au cours de la phase précédente, les IPA sont présents de façon sporadique tout au long de la zone. Les céréales sont seulement présentes sur les deux premiers niveaux de la zone et au premier niveau de la seconde partie, 2b. Par ailleurs, parmi les ascospores qui apparaissent au cours de cette zone, ceux des champignons considérés comme coprophiles sont

présents. On note particulièrement des occurrences de *Cercophora* (T112), surtout en fin de zone 2b, et l'eutrophisation du milieu est indiquée par quelques occurrences de *Sordaria* (T55a). La période chronologique concernée par cette zone est bien déterminée grâce à deux dates situées, l'une en début de zone et l'autre en début de la zone suivante : elle couvre l'ensemble de l'âge du Bronze (2300-800 cal BC).

**ZPL M3**

Le début de la ZPL3a est marqué par une chute drastique du taux de l'aulne. Au même moment le hêtre atteint son plus fort pourcentage de la séquence, au dessus de 60%. Le bouleau augmente aussi sensiblement en cours de zone. A l'inverse le noisetier débute la zone avec une tendance à la baisse. Le charme (*Carpinus*) fait son apparition avec quelques occurrences en début et fin de zone. Ensuite, au cours de cette phase, seule la courbe du hêtre tend à la baisse, si l'on excepte une remontée ponctuelle en fin de zone 3a (échantillon -116). Parallèlement à la baisse de la représentation du couvert forestier, l'augmentation du taux de graminées sauvages reste extrêmement modeste. Par contre, les courbes de plusieurs herbacées augmentent régulièrement, notamment celles des Renonculacées, des Apiacées et du mélampyre. Mais la strate herbacée est surtout dominée par une augmentation spectaculaire des taux de Cypéracées. Celle-ci traduit très probablement une présence importante des laîches à proximité du point de forage, car elle est concomitante d'une augmentation tout aussi spectaculaire des ascospores du parasite *Clasterosporium caricinum* (T126). Le diagramme des MNP montre la présence constante de champignons coprophiles, *Cercophora* et *Sordaria*, accompagnés dans certains échantillons de *Pleospora* (T3b) et de *Coniochaeta ligniaria* (T172). En revanche, le pollen de céréale n'est présent qu'à 120 cm de profondeur et le pollen de plantes apophytes n'apparaît que de façon sporadique ; on note toutefois, la présence ponctuelle d'orties (Urticaceae). Enfin on observe aussi une chute considérable des spores de fougères, à laquelle correspondent une augmentation et un pic en milieu de zone des spores de sphaigne. La combinaison des marqueurs polliniques et non polliniques donne à cette phase d'anthropisation du couvert végétal un caractère résolument pastoral, une phase qui, d'après le modèle d'âge, débuterait à la transition entre la fin de l'âge du Bronze et le début de l'âge du Fer (autour de 850/800 cal BC).

En début de zone 3b, la courbe du hêtre continue à diminuer légèrement, avant de remonter sensiblement en seconde moitié de zone. Sa dynamique influence largement celle du total

des arbres : l'ensemble des autres taxons, y compris l'aulne, montrant une certaine stabilité. Le charme est désormais représenté par une courbe continue. Les graminées sauvages augmentent plus franchement et durablement que lors de la phase précédente ; elles sont accompagnées d'une nouvelle augmentation des Renonculacées. La courbe du mélampyre, toujours importante en début de zone, chute fortement par la suite. Les plantes cultivées et les rudérales sont présentes de façon concomitante et continue pour la première fois sur cette séquence. Le pollen de céréales de type blé, orge et/ou avoine est omniprésent et il est associé à quelques occurrences de seigle (*Secale*) et de grains de pollen de Cannabinacées dont les caractères morphologiques sont ceux du chanvre (*Cannabis*-type, voir chap. 1.3.1.3). Des indices de feux, jusqu'alors très rares, sont identifiés par la présence de micro-charbons, mais aussi par celle de spores de l'ascomycète carbonicole, *Gelinaspora* cf. *reticulospora* (T2) dans les mêmes échantillons. Si l'eutrophisation du milieu reste marquée par la présence constante de Sordariales, les ascospores de *Cercophora* et autres coprophiles ont pratiquement complètement disparues. Le modèle d'âge permet d'attribuer la chronologie de cette phase d'anthropisation à la seconde moitié du premier âge du Fer et peut-être au début de La Tène, sachant que l'on garde ici une marge d'incertitude temporelle importante. En effet, la date radiocarbone réalisée à 112,5 cm de profondeur (2410 ± 40 BP [750-390 cal BC] se situe dans un laps de temps où les plateaux (ou paliers) de la courbe de calibration des dates $^{14}$C ne permettent pas une attribution chronologique précise (Evin et Oberlin 2005, Reimer *et al.* 2004).

**ZPL M4**

La ZPL4a débute par une chute nette du hêtre et, même si la courbe remonte ensuite ponctuellement, sa tendance générale est à la baisse. Cette zone voit aussi la quantité de pollen de bouleau augmenter de façon importante et même former un pic spectaculaire dans l'échantillon -76 en fin de zone. Le saule, dans de moindres proportions, prend aussi de l'importance. Les autres taxons restent stables. Le sapin (*Abies*) qui était présent de façon constante lors de la phase précédente ne montre plus que quelques occurrences sporadiques. La strate arbustive est surtout représentée par du pollen de sorbier (*Sorbus* type). L'ouverture du milieu provoquée principalement par le déclin progressif du hêtre n'est pas corrélée à une augmentation de même ampleur des graminées sauvages. Les taxons herbacés qui ont marqué la phase précédente sont toujours présents, comme les Renonculacées (toutefois en proportions moindres), ou encore le mélam-

pyre et les Asteroiodeae qui augmentent à nouveau. On voit aussi des taxons jusqu'alors peu présents, être représentés par des courbes régulières comme les Centaurées de type *Centaurea jacae* ou la renouée bistorte (*Polygonum bistorta*-type), et de nouveaux taxons font leur apparition. Si certains d'entre eux proviennent de la végétation de la tourbière, d'autres sont le reflet des prairies environnantes. En ce qui concerne les IPA, les plantes apophytes sont quasiment toutes représentées en courbes continues tout au long de la zone ; on note particulièrement l'augmentation en cours de zone du plantain lancéolé et de l'oseille, ainsi qu'une présence plus régulière de l'ortie. Enfin, la présence de pollen de céréale s'affirme seulement en seconde partie de zone pour former là aussi une courbe durable. La représentation des Cypéracées baisse nettement et durablement en début de zone, et le parasite des laîches, *Clastesporium caricinum* (T126) suit la même tendance, indiquant une baisse de la présence de cette espèce sur la zone de dépôt. En revanche, l'augmentation importante du type 18 évoque un développement local important de la linaigrette engainée.

La ZPL 4b, est marquée par une reprise sensible du couvert forestier : les courbes du noisetier, de l'aulne, du hêtre sont toutes en augmentation. En revanche, la courbe du bouleau chute de façon spectaculaire pour retrouver des taux équivalents à ceux qui précèdent le pic de la fin de zone 4a. La légère fermeture du milieu environnant n'est pas particulièrement corrélée à une chute des IPA. La seule herbacée à chuter de façon significative est le mélampyre. Par ailleurs, les spores de fougères retrouvent une représentation plus importante que pendant les phases précédentes. La zone 4b est très fortement marquée par une baisse globale des microfossiles non polliniques. Ce phénomène est particulièrement sensible pour les champignons coprophiles dont les ascospores disparaissent totalement des niveaux analysés. Cette courte phase couvre, d'après le modèle âge/profondeur, la transition entre la fin de La Tène et le haut Empire, soit la période du changement d'ère.

Les traces de défrichement affectant principalement le hêtre et le noisetier sont sensibles et durables au cours de la zone suivante 4c. Parallèlement, les taux de graminées sauvages augmentent considérablement. Comme depuis la fin de phase 4, la courbe des céréales reste située autour de 1% du nombre de grains de pollen total. On note juste une intensification ponctuelle au niveau -52, avec des taux de céréales presque à 2%, accompagnés de grains de seigle et de chanvre. Les courbes des plantes apophytes n'augmentent pas de façon spectaculaire non plus, même

si la représentation du plantain et de l'oseille sont un peu plus importantes, et s'il faut noter la présence constante de l'ortie. Si les IPA ne montrent pas une augmentation en rapport avec l'ampleur des défrichements enregistrés, les ascospores de champignons coprophiles connaissent une augmentation spectaculaire. Leur présence est ici la plus importante de toute la séquence et elle atteint son maximum au dernier échantillon de la zone (-44). Enfin, cette phase est aussi caractérisée par la présence constante de micro-charbons. Cette phase d'emprise où le caractère pastoral et les défrichements sont plus fortement marqués que les indices d'agriculture, couvre l'ensemble de l'époque romaine.

Au cours de la zone 4d, l'ensemble des arbres reprend de l'importance à commencer par les pionniers en début de zone : le bouleau et le noisetier. Parallèlement, les Poacées chutent considérablement et l'ensemble des IPA tend à disparaître. La disparition des MNP est encore plus marquée et brutale par rapport à la zone précédente. Ces indices de déprise agro-pastorale sont selon toute vraisemblance à situer autour de l'Antiquité tardive et/ou du haut Moyen Âge, l'absence de datation radiocarbone de ces niveaux ainsi que des niveaux supérieurs ne permettant pas d'être plus précis.

La dernière phase de la zone, la ZPL 4e, montre à nouveau une diminution de la représentation du couvert forestier, principalement due à la baisse du hêtre. Par ailleurs, la courbe de l'aulne s'amenuise considérablement et durablement. Au niveau de la strate herbacée, les graminées sauvages augmentent à nouveau de façon importante, et les Cypéracées retrouvent de l'importance en seconde moitié de zone. Le pourcentage de mélampyre atteint un maximum en début de zone (presque 30%), puis la courbe baisse et devient plus irrégulière. La zone 4e est aussi marquée par l'augmentation nette des potentilles (*Potentilla*-type), qui forment un pic en fin de zone. En ce qui concerne les IPA, la présence des céréales, de type *Triticum* ou de type *Secale*, ainsi que celle du chanvre augmentent elles aussi ; l'ensemble des plantes rudérales suit la même tendance. On note aussi pour la première fois quelques occurrences de plantes messicoles, en milieu de la zone, alors que les taux d'IPA sont encore en augmentation, avant de diminuer dans les deux derniers échantillons. La seconde partie de la zone est alors particulièrement marquée par la présence d'ascospores de champignons coprophiles. Les Sordariales et *Cercophora* sont ici accompagnées de *Sporormiella* (T113) et de *Podospora* (T368), indices d'une pression pastorale importante. Par ailleurs, l'enregistrement des MNP est dominé tout au long de la zone

par le parasite de la linaigrette engainée (T18). Même s'ils ne sont pas constamment présents, on retrouve des micro-charbons dans plusieurs échantillons. Cette phase marquée par un impact relativement important des activités humaines sur le couvert végétal est datée par le modèle d'âge du Moyen Âge central, du bas Moyen Âge et de l'ensemble de l'époque moderne, soit environ de l'an Mil jusqu'au XVIII$^{e}$ siècle.

**ZPL M5**

Enfin, la dernière phase du diagramme, montre une chute drastique du pollen de hêtre, qui atteint à peine 1% du total de la somme pollinique à la fin de la ZPL 5. Le chêne et le noisetier baissent aussi de façon importante et le charme est la seule essence à garder une représentation au moins équivalente à la phase précédente. Enfin, le pin va augmenter tout au long de la zone, rejoint par l'épicéa (*Picea*) en surface. Le premier échantillon de la zone (-8) enregistre des pics de représentation du châtaignier (*Castanea*) et du noyer (*Juglans*), qui n'apparaissaient jusqu'alors que par quelques occurrences isolées. Dans ce même échantillon est aussi enregistrée la représentation la plus forte de toute la séquence des espèces cultivées présentes au cours de la zone précédente, ainsi que l'unique occurrence de pollen de sarrasin (*Fagopyrum*). Les spectres des MNP sont également marqués par une présence toujours significative de champignons coprophiles, avec notamment *Sporormiella*. Les marqueurs d'activités agricoles diminuent avant ceux qui évoquent la présence de bétail à proximité de la tourbière. La fin de la séquence, qui documente probablement des XIX$^{e}$ et XX$^{e}$ siècles, est caractérisée par une augmentation spectaculaire du taux des Poacées, qui atteignent 80% en surface.

**Synthèse**

L'enregistrement de la tourbière de Montbé débute de façon plus tardive que ceux des tourbières voisines de Champ Gazon et de Nataloup (chap. 2.2.3. et 2.2.4.). Si elle ne permet pas de suivre les premiers impacts de l'Homme sur son environnement, cette séquence documente l'histoire locale de la végétation durant les 4 derniers millénaires, et plus spécifiquement offre une histoire locale détaillée du Néolithique final jusqu'à la fin de l'Antiquité.

Dès le début de la séquence, des indices polliniques d'anthropisation ont été identifiés, datant probablement de la fin du Néolithique (l'absence de date en début de carotte ne permettant pas plus de précision). Ces marqueurs, dont la présence est ténue, semblent indiquer une certai-

ne distance de la présence humaine par rapport à la zone de dépôt. L'absence d'impact significatif sur le couvert forestier et l'absence de marqueurs non polliniques renforcent cette impression (ZPL 1). Mais on doit tout de même remarquer que le remplissage de la zone humide débute dans un contexte anthropisé. Au cours de l'âge du Bronze, les indices polliniques d'anthropisation restent présents, mais toujours de façon modeste et discontinue. Toutefois, ici leur présence est accompagnée de quelques ascospores de champignons coprophiles, qui sont peut-être le reflet d'une plus grande proximité et/ou intensité des activités agro-pastorales enregistrées (ZPL 2).

A la fin de l'âge du Bronze, les différents marqueurs montrent un changement de la végétation de la zone de dépôt où un net recul de l'aulnaie est contemporain d'une augmentation des laîches (début de la ZPL M3a). Cette modification marque le début d'une phase durant laquelle l'accumulation tourbeuse est plus importante (entre 130 et 55 centimètres de profondeur environ, voir fig. 2.14.), avec une moyenne de 15 ans enregistrés par cm de tourbe (contre une moyenne d'environ 25 ans pour les niveaux plus profonds). Une probable augmentation de l'hygrométrie locale a provoqué le remplacement de l'aulnaie par une cariçaie, et induit une phase plus active de la tourbière. Un événement que l'on peut mettre en relation avec la péjoration climatique qui marque le début de Subatlantique autour de 800 avant notre ère (Magny 2004, Magny *et al.* 2007, van Geel et Magny 2002). Par ailleurs, des causes anthropiques peuvent aussi être invoquées dans cette modification du milieu, au cours du premier âge du Fer, trois phases d'anthropisation du couvert végétal se succèdent, interrompues par de courtes déprises ponctuelles. La première et la dernière phase ont un caractère agropastoral, tandis que la deuxième présente uniquement des indices d'agriculture, liés à une ouverture du milieu plus important. Durant cette période, la présence de grains de pollen de Cannabacées dont les caractères morphologiques sont ceux du chanvre (*Cannabis*-type, voir chap. 1.3.1.3.), évoque une culture précoce du chanvre dès le début de la Tène ; ce qui serait ici un témoignage unique, non seulement dans le Morvan, mais aussi en France. Les débuts de la culture du chanvre sont encore assez mal connus en Gaule, mais les graines les plus anciennes retrouvées en fouille, datent du second âge du Fer (après 400 cal BC) dans le centre de la France (Malrain *et al.* 2006). Nous rediscuterons de la validité de cette identification dans de prochains chapitres sur l'introduction des anthropochores et sur l'anthropisation à l'échelle du massif (chap. 3.2.2. et 3.3.2.).

La phase qui correspond à la première partie du second âge du Fer enregistre une fermeture du milieu sur et/ou à proximité de la zone de dépôt où le développement d'une boulaie est évoqué par les spectres polliniques, et attesté par la présence de macrorestes végétaux de cette essence dans les échantillons tamisés destinés à la datation radiocarbone. La présence plus importante d'ascospores de champignons parasites du bois (type 16, 44 et 360), dans une tourbe à tendance boisée, témoigne aussi la croissance des arbres sur et/ou à proximité immédiate de la tourbière. Toutefois, la turfigénèse reste bien active, comme en témoignent le taux d'accumulation et la variété et l'abondance toujours constante de microorganismes des zones humides. En tout début de cette période (ZPL M4a, échantillon -96), on note une brusque mais ponctuelle chute du hêtre corrélée à la présence d'indices de feu (micro-charbons et ascomycètes carbonicoles), sans la présence significative de céréale. Cet événement n'est pas sans évoquer une atteinte de la forêt ciblée pour fournir du combustible, qui pourrait être destiné aux activités minières et/ou métallurgiques par exemple. Durant cette période de La Tène, alors que les indices polliniques d'agriculture perdurent, la représentation du couvert forestier augmente et on note l'interruption complète d'enregistrement d'ascospores de champignons coprophiles ou fimicoles : autant d'indices qui tendent à évoquer un changement dans les pratiques agro-pastorales ou un éloignement des activités humaines par rapport à la tourbière.

L'époque romaine enregistre une phase d'emprise agro-pastorale plus forte que les précédentes, durant laquelle l'ensemble des marqueurs réagissent (ZPL 4c). L'atteinte portée à la représentation de la hêtraie ne connaîtra d'équivalent qu'à la période moderne. C'est ici la séquence du Morvan qui montre la plus forte anthropisation gallo-romaine et, malgré l'absence de données archéologiques - hormis les vestiges d'un itinéraire ancien (Bigeard 1996), on devine une installation humaine proche de la tourbière.

Une déprise agropastorale, fortement marquée dans l'enregistrement pollinique et de façon encore plus flagrante dans les assemblages de microfossiles non-polliniques, affecte le début du haut Moyen Âge (de la fin du V$^{e}$ siècle au VIII$^{e}$ siècle de notre ère environ).

L'impact environnemental des activités humaines sur l'environnement de la tourbière s'intensifie à partir du passage au second Moyen Âge (XI$^{e}$ siècle) et jusqu'à l'époque contemporaine. Une phase à fort impact anthropique sur le couvert végétal, particulièrement marquée par les indices d'agriculture : défrichements importants, taux relativement forts de pollen de céréales

et de chanvre, présence de messicoles qui indique la proximité des cultures, est centrée d'après le modèle d'âge autour des XIII$^{e}$-XIV$^{e}$ siècles. A l'inverse, la période suivante, couvrant probablement les XVI$^{e}$, XVII$^{e}$ et XVIII$^{e}$ siècles, a principalement enregistré des indices d'une pression pastorale relativement importante sur, ou à proximité immédiate, de la zone humide. Cette pression pastorale se poursuit jusqu'au XX$^{e}$ siècle d'après les marqueurs non-polliniques qui perdurent après une dernière phase durant laquelle culminent les indices polliniques d'agriculture. Enfin, l'installation de la molinaie qui envahit la tourbière aujourd'hui est très probablement à l'origine des taux prédominants de pollen de Poacées en fin de séquence (ZPL5). On remarque que dans les spectres de surface l'abondance de ce pollen occulte même la représentation de la forêt qui occupe les pentes du bassin versant dans lequel est située la tourbière. Une forêt dans laquelle on perçoit tout de même l'installation des résineux : le pin, peut-être dès la fin du XIX$^{e}$ siècle (Seguin 1988), et l'épicéa depuis les années 60.

Au cours des cinq derniers millénaires, la tourbière de Montbé a enregistré des variations de végétation sensibles, traduisant des changements de conditions écologiques locales qui semblent principalement causées par des changements hydrologiques. Ici, comme pour l'origine même du remplissage de la structure, on peut se poser la question de la part des activités humaines sur ces évolutions de l'accumulation tourbeuse. Mais, même si l'on remarque une concordance entre le changement manifeste de fonctionnement et de végétation de la tourbière et une intensification des indices d'activité agropastorale, toutefois rien ne permet d'écarter l'éventualité d'une dynamique naturelle propre à la zone humide pour expliquer les phénomènes observés. Des éléments de réponse seront peut-être apportés par la confrontation avec les autres séquences morvandelles, notamment celles du centre Morvan.

## 2.2.2. Tourbière du Vernay

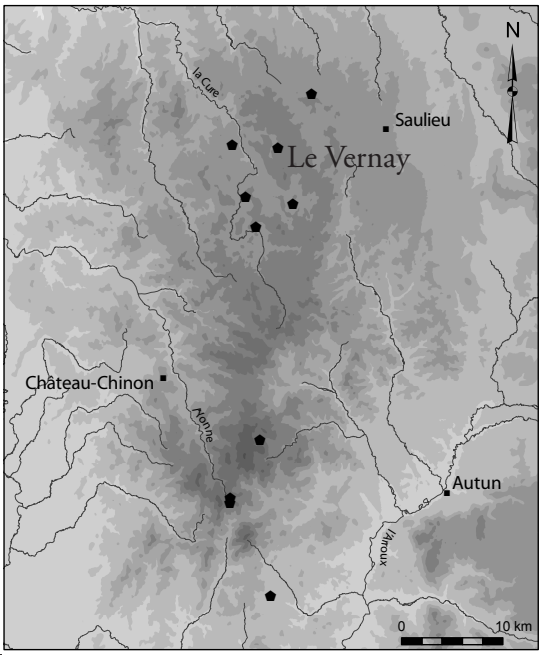
*Saint-Brisson (58)*

Forage octobre 2002

Coordonnées géographiques 47° 15’ 43” N

4° 04’ 45” E

Altitude : 595 m




Localisé sur la commune de Saint-Brisson dans le Morvan central, le site du Vernay, est un vaste ensemble de plus de 250 ha, constitué de zones humides tourbeuses diversifiées, où tous les stades dynamiques des tourbières sont présents. La richesse écologique remarquable de ce site, tant d’un point de vue floristique que faunistique, a motivé son classement en zone Natura 2000[5] .L’intérêt floristique du site est accru par la présence d’espèces atlantiques en limite géographique Est dans le Morvan, comme la Walhenbergie (*Walhenbergia hederacea*). La tourbière du Vernay, l’une des plus importantes du massif du Morvan est inscrite à l’inventaire des tourbières de France. Deux profils de remplissage issus de cette tourbière sont décrits par Duchaufour pour son Atlas écologique des sols du monde (Duchaufour 1976). Les sondages en vue de prélèvements pour l’étude pollinique ont été effectués dans le secteur de la tourbière proprement dite, dans une zone active à buttes de sphaignes et callune. La plus grande épaisseur de tourbe a été identifiée dans une zone où un creusement destiné à relancer la dynamique tourbeuse a été réalisé par le Conservatoire Botanique des Espaces naturels de Bourgogne (renseignement oral P. Agou). Une carotte d’1 m 45 a ainsi été obtenue.

5 http://natura2000.environnement.gouv.fr/sites/FR2600989.html, consulté en mars 2009

**La séquence sédimentaire**

**Tableau 2.11.** Datations radiocarbone AMS

| Profondeur (cm) | Matériel | Code labo | Âge $^{14}$C BP | Dates calibrées BC-AD (2 sigma) |
|---|---|---|---|---|
| 53-54 | tourbe | Poz-18740 | 3390 ± 35 | [1780-1600] cal BC |
| 77-78 | tourbe | Poz-17990 | 4055 ± 35 | [2850-2470] cal BC |
| 109-110 | tourbe | Poz-20340 | 5225 ± 35 | [4230-3960] cal BC |
| 141-142 | tourbe | Poz-18742 | 5990 ± 50 | [5010-4720] cal BC |

Datations réalisées au Poznan Radiocarbon laboratory - Pologne (Poz) et calibrée avec Oxcal v3.10 (Bronk Ramsey 2005, Reimer 2004)

La sédimentation révélée par cette carotte, composée de tourbe présentant plusieurs stades d'évolution et reposant sur un niveau de silts à graviers (fig. 2.16), est similaire à celle décrite par Duchaufour pour la description page 120 des horizons de tourbe acide évoluée (Duchaufour 1976). La tourbière du Vernay fait aussi partie des trois sites dont G. Lemée a effectué l'analyse pollinique dans les années 50 (Lemée 1951). La séquence d'1,35 mètre, ne comporte pas la partie la plus profonde silteuse présente sur la carotte étudiée ici. L'enregistrement pollinique débute donc au début de la biozone de l'Atlantique, décrite par l'auteur comme « *la phase classique du Noisetier et de la chênaie mixte* ».

Sur la carotte du Vernay, quatre datations radiocarbone situées entre 142 et 53 cm de profondeur, ont été utilisées pour réaliser un modèle âge/profondeur de type *Gam's Model* (fig. 2.16.). Le modèle montre un enregistrement dilaté qui va du début de l'Atlantique jusqu'au milieu du Subboréal, soit de la période mésolithique, aux alentours du 6$^{e}$ millénaire avant notre ère, jusqu'à la fin du Bronze ancien, autour de 1700/1600 cal BC. Deux hiatus sédimentaires ont été identifiés sur des critères d'assemblages polliniques. Le premier, situé entre les échantillons -185 et -183, correspond à la transition entre les niveaux de silts et le début du remplissage tourbeux. Les spectres polliniques passent alors d'un enregistrement évoquant la fin du Tardiglaciaire à des spectres clairement rattachés à la transition entre le Boréal et l'Atlantique, impliquant une absence d'enregistrement d'au moins 3 millénaires. Un second hiatus est situé dans le remplissage tourbeux entre la date effectuée à 54/53 cm de profondeur et attribuée à la fin du Bronze final (3390 ± 35 BP, soit [1780-1600] cal BC), et les spectres polliniques des échantillons supérieurs, au caractère résolument subatlantique, où la présence de *Secale* (le seigle) et de *Cannabis*-type (le

chanvre), évoquent un enregistrement plutôt médiéval. Une rupture des courbes de différents taxons (*Betula* – le bouleau, principalement), nous incite à placer le hiatus entre les échantillons -48 et -46, ce qui représente ici au moins un millénaire, entre le XVI$^{e}$ siècle avant notre ère et le VI$^{e}$ siècle de notre ère. Une date supplémentaire située juste après ce second hiatus permettrait une datation plus sûre que les seuls critères polliniques. Enfin, la présence de ces deux hiatus n'a pas permis de constituer un modèle âge/profondeur valide pour l'intégralité de la carotte. Les datations pour ces segments inférieurs et supérieurs sont donc uniquement proposées sur les bases de l'analyse pollinique.

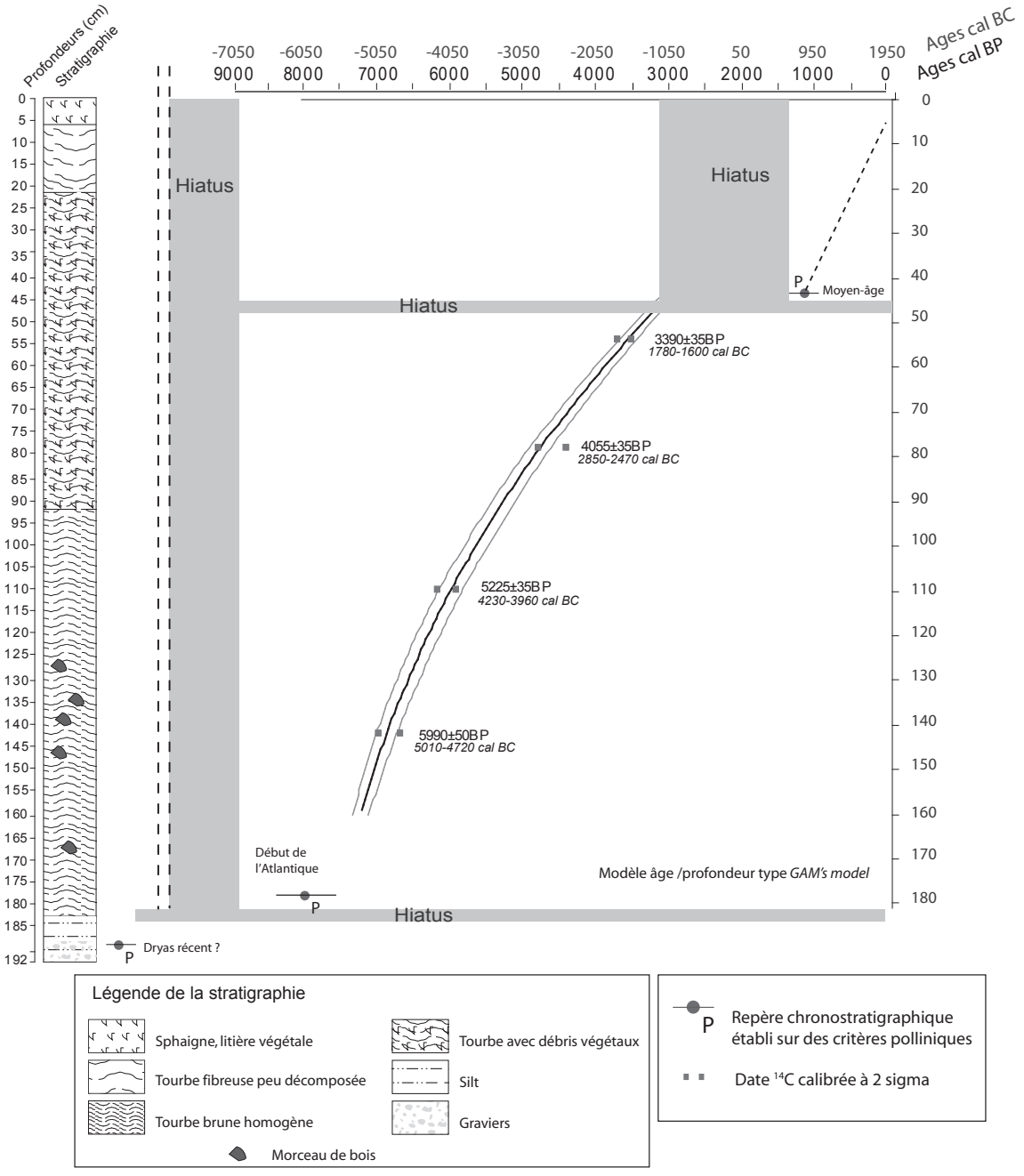



**Fig. 2.16.** Tourbière du Vernay - stratigraphie et modèle âge/profondeur

| ZPL | Prof. cm | Strate arboréenne | Strate herbacée | Microfossiles Non Polliniques |
|---|---|---|---|---|
| **V4b** | 11 | - la courbe de *Fagus* poursuit sa tendance à la baisse<br>- *Quercus* et *Corylus* sont plutôt stables<br>- augmentation des courbes de *Betula*, *Fraxinus*, *Carpinus*, *Pinus* et *Picea* | - important pic de Poaceae, notamment en début de zone<br>- les grains de *Cerealia*-type restent présents, mais baisse de *Secale* et disparition de *Cannabis*-type<br>- un pic de *Calluna*, suivi d'un pic de *Sphagnum* en fin de diagramme | - occurrences de T128 et représentation importante des T32a et 352 et fin de zone<br>- apparition de T37 et T8<br>- premiers niveaux de la zone marqués par la présence des types 2, 55c, 4, 55a, 112a et 7a |
| **V4a** | 47 | - chute drastique du taux de *Betula*<br>- dominance de *Fagus*, avec toutefois une tendance à la décroissance en deux temps : aux profondeurs -36/-32, puis à partir de -24 chute continue<br>- stabilité de *Corylus* entre 10 et 15%<br>- idem pour *Quercus* entre 15 et 20%<br>- courbe continue de *Carpinus* et occurrences régulières de *Juglans* et *Carpinus* | - augmentation importante et régulière de la courbe de Poaceae, jusqu'à 20% en fin de zone<br>- présence continue des herbacées cultivées, *Cerealia*-type, mais aussi *Secale* et *Cannabis*-type ; quelques occurrences de *Fagopyrum*<br>- augmentation en nombre et en variété des apophytes<br>- courbes constantes de *Calluna* et *Sphagnum* | - quelques occurrences de T28 en début de zone<br>- T44 tend à disparaître<br>- augmentation et présence continue de T4, alors que T18 s'amenuise, de même que T55a<br>-quelques occurrences des types 27, 112a et 123 |
| **V3b** | 53 | - chute ponctuelle de *Corylus* et *Quercus*<br>- chute durable de *Tilia*, *Fraxinus* et *Alnus*<br>- apparition de *Carpinus* | - légère chute des Poaceae<br>- occurrences de *Cerealia*-type<br>- pic de *Melampyrum*<br>- baisse durable de la représentation des spores monolètes | -T44 est presque toujours présent, mais montre des pics de représentation aux niveaux -60 et -56<br>- forte représentation de T18, qui atteint un maximum au niveau -64<br>- présence constante et parfois importante des types 126, 55a et 112a |
| **V3a** | 73 | - augmentation régulière du taux de *Fagus* ; chute ponctuelle au niveau -56<br>- large dominance du pollen de *Betula*<br>- *Corylus* en augmentation notable en début de zone, chute au niveau -60<br>- stabilité des courbes de la chênaie mixte<br>- courbe constante de *Frangula alnus* et pic de *Sorbus*-type en début de zone | - taux importants de Poaceae, surtout en fin de zone<br>- pas de grains de *Cerealia*-type et présence irrégulière des apophytes<br>- pics successifs de spores monolètes et de *Sphagnum* | |
| **V2f** | 87 | - début de la présence continue de *Fagus*<br>- augmentation importante et régulière de *Betula*<br>- instabilité de la courbe de *Corylus*<br>- augmentation de la représentation de *Frangula alnus* et de *Sorbus*-type en fin de zone | - augmentation notable des Poaceae et petits pics de Cyperaceae en début et fin de zone<br>- présences de pollen de *Cerealia*-type aux niveaux -86 et -80, mais dans l'ensemble baisse de la présence des IPA<br>- chute des courbes de Ranunculaceae et *Filipendula*<br>- augmentation notable de *Melampyrum*, accompagné de *Narcissus p.*-type<br>- importante chute des spores monolètes | - importante augmentation de T18<br>- présence irrégulière de T16, T44, T126, T55a et T7a |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **V2e** | 117 | - pic d'*Alnus* sur le premier niveau ; rejoint ensuite des taux équivalents à la zone précédente<br>- stabilité des autres taxons arboréens | - occurrences irrégulières de *Cerealia*-type tout au long de la zone, présences d'apophytes et de messicoles en seconde partie de la zone | - augmentation de la représentation des ascospores<br>- présence marquée des types 16, 44 et 112a dans les deux premiers tiers de la zone<br>- présence quasi-continue de T18 et T55a<br>- augmentation de T126 dans le tiers supérieur de la zone |
| **V2d** | 141 | - *Alnus*, qui augmente de façon importante en début de zone, va ensuite chuter durablement ; légère reprise en fin de zone<br>- dynamique de *Quercus* identique à celle d'*Alnus*<br>- stabilité des autres taxons arboréens | - représentation des Cyperaceae et des Poaceae qui reste modeste<br>- apparition de grains de *Cerealia*-type et de *Plantago lanceolata*, dans les premiers niveaux de la zone<br>- les Ranunculaceae restent stables ; *Filipendula* augmente notablement en fin de zone<br>- pic en fin de zone des courbes de *Scrophularia*-type et de *Lysimachia* | |
| **V2c** | 155 | - légère baisse de *Corylus* et d'*Alnus* | - petite augmentation de la courbe des Poaceae<br>- représentation constante des Ranunculacae et de *Filipendula* | - baisse de la présence des ascospores<br>- présence de T112a au dernier niveau |
| **V2b** | 177 | - fort développement d'*Alnus*<br>- *Corylus* en baisse mais reste dominant<br>- stabilité de *Quercus* un peu en dessous de 20%<br>- courbes continues de *Tilia*, *Fraxinus* et *Pinus* | - légère augmentation des Poaceae<br>- apparition d'un courbe régulière de *Filipendula* ; les Ranunculaceae sont toujours autour de 5%<br>- taux importants de spores monolètes | - présence continue des types 44 et 55a<br>- occurrences plus irrégulières de T16, T18 et 27 |
| **V2a** | 184 | - large dominance de *Corylus*<br>- courbes ascendantes de *Quercus*, *Betula*, et plus discrètement de *Tilia* et *Ulmus* | - faible représentation des Poaceae et Cyperaceae<br>- taux de Ranunculaceae autour de 5%<br>- courbe en très forte augmentation des spores monolètes | - présence continue de T16 et T18<br>- présence en début de zone des types 44, 27 et 112a |
| **V1** | 191 | - faible présence des taxons arboréens, entre 10 et 20%<br>- dominance de *Corylus*, autour de 10%<br>- présence de *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Pinus* et *Alnus* | - prédominance des Cyperaceae et Poaceae<br>- courbes continues d'*Artemisia* et de *Thalictrum* | - présence importante et continue de T128, accompagnée de T179<br>- T206 à la profondeur 188 |

**Tableau 2.12.** Description du diagramme pollinique, Zones Polliniques Locales (ZPL), et du diagramme des Microfossiles Non polliniques (MNP) (sens de lecture : de bas en haut.) Diagrammes A.12. et A.13.

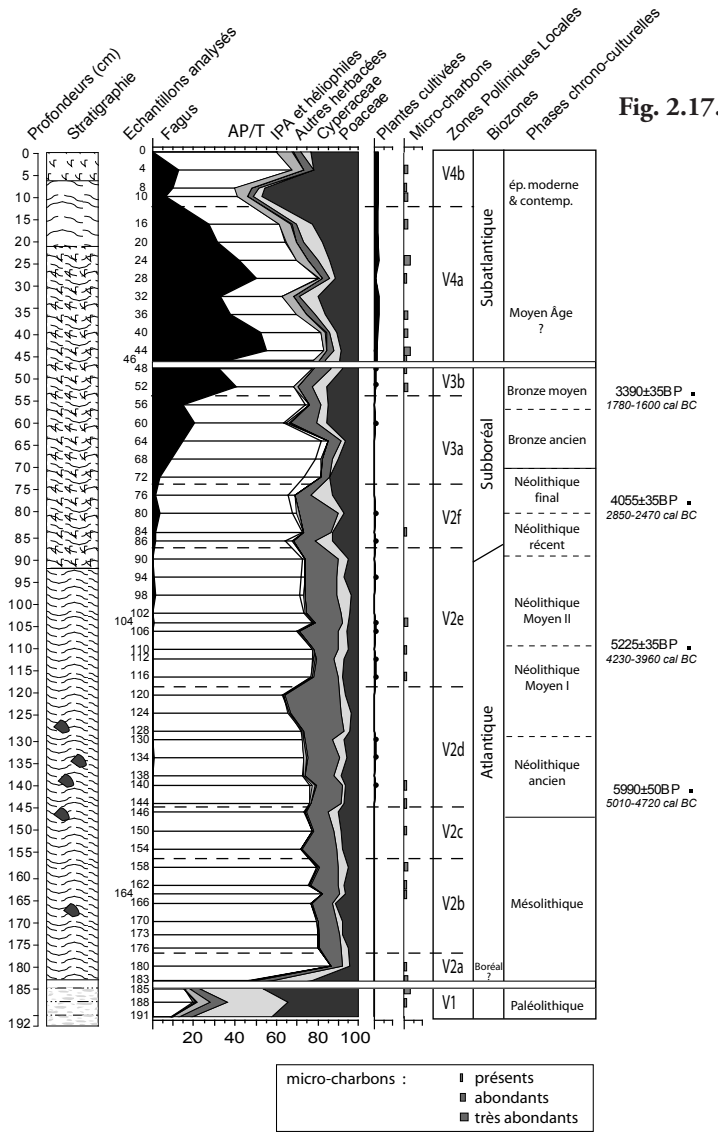



**Fig. 2.17.** Tourbière du Vernay - diagramme simplifié

## Commentaire

(Analyse des fig. A.12., A.13. voir aussi fig. 2.17.)

### ZPL V1

Les premiers niveaux du diagramme, regroupés en zone V1, montrent par certains aspects un enregistrement plutôt typique du Tardiglaciaire. Ils sont marqués par une dominance nette de la strate herbacée, composée majoritairement de Cypéracées et de graminées sauvages (Poaceae). Par ailleurs, les herbacées héliophiles comme l'armoise (*Artemisia*) et le pigamon (*Thalictrum)* sont bien représentées et accompagnées de prairiales telles que l'oseille (*Rumex*), les Chenopodiacées ou encore les Caryophyllacées. En revanche, la composition pollinique de la strate arboréenne est beaucoup plus surprenante. Il n'y a pas de taxon dominant, mais une représentation de quelques pourcents des principaux arbres, avec par ordre d'importance : le noisetier (*Corylus*), le chêne (*Quercus*), le pin (*Pinus*) et l'aulne (*Alnus*). On note même les occurrences régulières de tilleul (*Tilia*), d'orme (*Ulmus*) et de frêne (*Fraxinus*). La présence ici des taxons de la chênaie mixte dans des niveaux que l'on aurait volontiers attribués au Dryas récent est surprenante. La nature du sédiment, composé de silts gris-vert, avec de nombreuses inclusions de graviers, résulte

probablement d'apports érosifs et l'on peut dès lors imaginer que ces niveaux les plus profonds ont été pollués, peut-être par du pollen frais au moment du prélèvement, ou par des apports remaniés plus anciens, ou encore par percolation avec du matériel provenant des niveaux supérieurs.

**ZPL V2**

Un hiatus sépare manifestement cette zone de la précédente. Même si l'on ne dispose pas de datation radiocarbone des premiers niveaux de la zone 2, l'enregistrement pollinique est typique de la transition entre le Boréal et le début de l'Atlantique ancien : les taux de noisetier sont encore importants (plus de 60% au niveau -180), mais les taxons de la chênaie mixte : *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus* et *Fraxinus* sont en constante augmentation. Ainsi, si l'on attribue les niveaux les plus profonds de la carotte à la fin du Tardiglaciaire, il manque ici l'enregistrement des biozones du début de l'Holocène, Préboréal et Boréal, soit un hiatus d'environ 3 millénaires. Le taux de pollen d'herbacées chute de façon drastique à l'instar des Poacées et des Cypéracées, et les herbacées héliophiles tendent à disparaître suite à la fermeture du milieu. Les Renonculacées tiennent une place importante parmi les autres herbacées. Les spores monolètes sont en forte augmentation, elles évoquent la présence de fougères en zone lisière entre la zone humide et la forêt environnante, et/ou dans l'aulnaie que l'on voit se développer à travers l'enregistrement pollinique (courbe d'*Alnus*). Le remplissage organique tourbeux contient aussi plus d'ascospores de champignons parasites : des parasites du bois comme *Bossythecium circinans* (T16) ou *Ustulina deusta* (T44), ou encore des parasites de la linaigrette engainée (T18) ou des sphaignes, *Tilletia sphagni* (T27). La présence des sphaignes est aussi marquée par une courbe continue de spores.

Les subdivisions de la ZPL2 de V2b à V2e sont caractérisées par un couvert forestier dominant et relativement stable, typique de la chênaie mixte atlantique, mais dans lequel le noisetier continue à tenir une place non négligeable. L'importance de l'aulnaie, dont le développement est enregistré lors de la phase précédente, est illustrée par une forte représentation pollinique ; c'est aussi cette courbe de l'aulne qui présente les plus fortes variations durant la zone 2. Au niveau du couvert herbacé, les taux de Cypéracées et de graminées sauvages restent relativement modestes. En revanche, la diversité pollinique est très grande et certains taxons forment des courbes continues, comme celle des Renonculacées, qui oscille autour de 5%. Encore plus importante, une courbe régulière de reine-des-prés (*Filipendula*), accompagnée de pollen d'Apiacées, évoque

la formation sur place d'une mégaphorbiaie. Dans ce contexte général relativement stable, différents événements ont laissé des traces perceptibles. Le premier d'entre eux affecte la courbe de l'aulne à la fin de zone 2b, sans autre réaction sensible de la représentation pollinique des autres taxons. Il est suivi d'une diminution de la représentation du noisetier qui est enregistrée en début de zone 2c. On se place ici à la fin du Mésolithique, soit au cours du 6e millénaire avant notre ère, et si le premier événement est corrélé à la présence de micro-charbons sur les lames polliniques, il est impossible de relier ces inflexions des courbes de certains taxons arboréens à un éventuel impact anthropique. Il peut aussi bien s'agir d'événements naturels localisés sur et à proximité de la zone de dépôt. En revanche, les premiers grains de céréales (*Cerealia*-type), qui apparaissent au niveau -140, avec de façon concomitante l'apparition d'une courbe continue de plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*), sont datés d'environ 5000 ans avant notre ère, soit des débuts du Néolithique. La présence de ces plantes cultivées et apophytes s'accompagne d'un pic d'aulne et d'une légère chute du chêne. On remarquera que cette baisse du pollen de chêne est perceptible dès le niveau précédent, en fin de zone 2c, et que des micro-charbons sont aussi présents sur les mêmes lames polliniques. L'analyse de l'enregistrement des MNP montre la présence d'ascospores du champignon coprophile *Cercophora*, sur ces niveaux de transition entre les deux zones 2c et 2d, qui précède de peu l'enregistrement de pollen de céréales. De plus, l'eutrophisation de la tourbière est illustrée par le retour des ascospores de Sordariales (T55a), qui avaient quasiment disparu en zone 2c. Des témoignages d'activités agropastorales sont présents tout au long des zones et 2d et 2e mais avec une intensité relativement faible : quelques grains de pollen de céréales, la présence de plantain lancéolé et de quelques apophytes comme l'oseille, les chénopodes, l'armoise, et plus rarement quelques messicoles (bleuet –*Centaurea cyanus*– et renouée des oiseaux –*Polygonum aviculare*). Ces traces d'anthropisation du couvert végétal, enregistrées au niveau de la strate herbacée, ne sont pas accompagnées d'indices clairs de déforestation.

La ZPL 2d est marquée par une légère baisse de la courbe des taxons arboréens. En fait, le phénomène est concomitant d'une hausse sensible de reine-des-prés. On remarque au même moment l'effacement du T18, parasite de la linaigrette engainée. Ces assemblages évoquent une modification de la zone de dépôt qui semple évoluer vers une végétation de mégaphorbiaie. La présence plus fortement marquée de Sordariales illustre un niveau d'eutrophisation important du milieu. Au même moment, les indices polliniques et non polliniques d'activité agro-pastora-

les disparaissent, illustrant une phase de déprise en fin de zone 2d. D'après le modèle âge/profondeur, elle affecterait une période située entre 4500 et 4100 cal BC environ, ce qui correspond régionalement au Néolithique Moyen I. On peut alors se poser la question de la part de l'action humaine, plus précisément, de l'arrêt, ou encore de l'éloignement des activités agro-pastorales, dans la modification de la dynamique écologique de la tourbière.

Un important pic d'aulne est enregistré en début de ZPL V2e. Il coïncide avec le retour d'indices polliniques et non-polliniques d'anthropisation. La phase d'anthropisation du couvert végétal de la zone 2e semble se dérouler en deux temps : le premier à caractère agro-pastoral mêlant grains de pollen de céréales et présence marquée de *Cercophora*, aussi associés à des épisodes de feu comme en atteste la présence de micro-charbons sur les lames polliniques. Le second, plus agricole avec du pollen de céréales, mais aussi la présence de grains de pollen de bleuet, qui indiquent la proximité des cultures (Brun 2007, Brun *et al.* 2007). La concomitance du pic d'aulne avec des indices d'activités agro-pastorales reproduit, avec plus d'amplitude, le phénomène déjà enregistré au moment des premières traces d'anthropisation (ZPL V2b).

La dernière subdivision de la zone 2 (ZPL 2f) est marquée par l'augmentation importante des taux du bouleau, une augmenation qui ne semble pas correspondre au rôle pionnier de cette essence, car il n'y a pas d'ouverture significative de la forêt au même moment. Les taux de hêtre sont clairement à la hausse. Localement on note aussi l'augmentation de la bourdaine (*Frangula alnus*), et si le hêtre est toujours extrêmement discret, ses taux forment dès lors une courbe continue. Au niveau du couvert herbacé, l'image pollinique évoque une modification profonde de la végétation de la tourbière. Elle montre une très forte baisse de la reine-des-prés, des Renonculacées et des Apiacées, ainsi qu'une chute importante des fougères. Ces taxons sont alors « remplacés » notamment par le mélampyre (*Melampyrum*) et la jonquille (*Narcissus pseudonarcissus*-type), accompagnés aussi d'une courbe de Composées de type Asteroideae. Cette nouvelle association évoque l'existence d'un horizon supérieur de la tourbière plus sec et aussi plus minéralisé, marqué la présence de la jonquille, et un environnement proche à caractère prairial. Dès lors, les indices d'assèchement de la zone enregistrés par la strate herbacée permettent d'envisager avec vraisemblance l'installation d'une boulaie sur la zone de la tourbière –accompagnée d'autres arbustes comme la bourdaine, expliquant l'augmentation de la courbe de bouleau. Les indices polliniques d'anthropisation restent bien présents en début de zone : des céréales, du plantain,

de l'ortie et des oseilles. On note alors, de façon ponctuelle, une chute des principaux arbres : noisetier, chêne et aulne. Le cadre chronologique donné par une date située à 77/78 cm de profondeur, situe la zone entre le Néolithique récent et le Néolithique final (de 3200 à 2300 avant notre ère). Ainsi la déprise agricole qui affecte la fin de biozone peut-elle être placée au cours de cette dernière phase du Néolithique.

**ZPL V3**

La ZPL 3a est marquée par l'augmentation régulière de la courbe du hêtre qui passe de moins de 5% au premier niveau de la zone à plus de 35% en fin de zone. Dans le même temps, le bouleau domine toujours localement, bien que l'aulne soit toujours fortement représenté. Malgré un léger fléchissement en début de zone, les taxons de la chênaie mixte demeurent à un niveau de représentation constant par rapport à la zone 2. A partir du milieu de la zone, alors que les taux de bouleau atteignent leur maximum, le noisetier chute et tend à diminuer durablement. La bourdaine domine toujours la strate arbustive et un pic de sorbier (*Sorbus*-type) marque le premier échantillon de la zone. Au niveau de la strate herbacée, la variété des taxons enregistrés dans le diagramme pollinique connait une baisse significative par rapport à la ZPL 2. Une très forte augmentation du type 18, lié à la présence de la linaigrette engainée, marque toute la zone 3, avec des *maxima* dans les premiers niveaux. Les spores de sphaignes marquent plutôt la seconde partie de la zone par leur abondance. Grâce au modèle âge/profondeur de la séquence et à une date située à -54/53 cm de profondeur, on peut estimer que cette phase correspond à l'âge du Bronze ancien (2300-1650 avant notre ère). Pour cette époque, la tourbière du Vernay enregistre une nette baisse des indices polliniques de l'activité agro-pastorale. Même si quelques irrégularités dans les courbes des arbres sont enregistrées (notamment une baisse ponctuelle du hêtre à 56 cm de profondeur), celles-ci restent limitées, et ne sont pas corrélées à la présence de céréales. Aucun grain de pollen de céréale n'a été identifié dans l'ensemble des échantillons de la ZPL 3a. Les messicoles sont elles aussi absentes et les apophytes sont rares. En revanche, on note une présence quasi-constante et parfois relativement importante d'ascospores de *Cercophora* et de *Sordaria* sp. La zone humide aurait alors continué à connaître une fréquentation pastorale au cours du 2$^{e}$ millénaire avant notre ère.

La poursuite de l'augmentation importante des taux de hêtre caractérise la zone pollinique 3b. L'ensemble des principaux taxons arboréens montre une baisse importante, qu'elle soit ponc-

tuelle, comme pour le noisetier et le chêne, ou durable, comme pour le tilleul, le frêne et l'aulne. Il faut aussi noter le début d'une courbe continue du charme (*Carpinus*). Au sein de la strate herbacée, les IPA sont à nouveau plus nombreux, notamment en fin de zone, et les ascospores de champignons coprophiles constants par rapport à la zone 3a. Si l'on se réfère à la date située seulement 1cm en dessous de la zone, les échantillons de la zone 3b concernent le Bronze moyen (1650-1350 avant notre ère). Toutefois, la présence déjà constante du charme, qui apparaît plutôt tardivement dans le Morvan (voir chap. 3.2.1.), pose un problème d'attribution chronologique. De plus, avec la proximité du hiatus qui sépare cette zone pollinique locale de la suivante, il est ici assez délicat de situer chronologiquement avec certitude cette phase d'impact d'activités agricoles sur la végétation environnant la tourbière du Vernay.

**ZPL V4**

Si un éventuel hiatus temporel peut être évoqué entre les zones 3a et 3b, celui qui sépare les zones V3 et V4 est manifeste, tant au niveau de la strate des arbres qu'au niveau de celle des herbacées. La boulaie et l'aulnaie retrouvent des taux de représentation très modestes ; les taux de noisetier diminuent de même ; le tilleul tend à disparaître et les taux du charme forment une courbe continue plus importante. Enfin, le hêtre s'impose comme le taxon dominant. Toutefois, il est aussi le premier touché par les défrichements et il va décroître tout au long de la zone pour quasiment disparaître du niveau de surface. Concernant la strate herbacée, la rupture avec la zone précédente est aussi flagrante. La présence des IPA prend une nouvelle ampleur tant par leurs proportions que dans leur variété. Dès les premiers échantillons analysés, le seigle (*Secale*) et le chanvre (*Cannabis*-type) sont présents de façon continue. La présence de ces plantes cultivées indique que les échantillons analysés correspondent au moins au début du Moyen Âge (voir chap. 3.2.2.). En l'absence de datation sur les 50 centimètres supérieurs de la carotte, nous ne pouvons qu'estimer la chronologie d'après les assemblages polliniques.

En ZPL 4a, la représentation de la forêt, largement conditionnée par le pollen de hêtre, va connaître deux phases de baisse successives. Le défrichement de la hêtraie favorise alors l'apparition d'herbacées au caractère prairial comme les Cichorioïdées et différentes Fabacées. Les IPA connaissent une importance inégalée dans les échantillons antérieurs. Les cultures des céréales de type blé, orge et/ou avoine et de seigle ainsi que celles de chanvre, sont attestées tout au long de la zone, et des occurrences de sarrasin (*Fagopyrum*) font leur apparition. La courbe de plantain

lancéolé est désormais continue, entre 1 et 1,5%. Cette phase est aussi marquée par une présence quasi constante de micro-charbons sur les lames polliniques. D'une manière générale, les coprophiles sont rares, hormis dans l'échantillon -24 ; les Sordariales sont toujours présentes, bien qu'en moindre quantité par rapport à la zone précédente, et *Cercophora* tend à disparaître. Les assemblages d'ascopores montrent la présence constante et parfois importante du type 4 *Anthostomella fuegiana*, accompagné d'une présence plus modeste du type 18. Cette association de deux de ses parasites, évoque un développement important de la linaigrette engainée sur la tourbière. Il en est de même pour la sphaigne, dont la présence est illustrée à la fois par une courbe continue de spores, et par des occurrences régulières de *Tilletia sphagni* (T27). Dans une ambiance végétale de plus en plus largement anthropisée, la remontée des taux de hêtre et la baisse de l'ensemble des IPA à la profondeur -28 sont autant de signes concordants d'une déprise agricole de courte durée. Elle est rapidement suivie d'une intensification des marqueurs anthropiques avec des traces ponctuelles de pastoralisme au niveau -24. L'absence de date rend difficile la datation précise de cet événement, probablement situé entre la fin du Moyen Âge et l'époque moderne.

Si le début de la zone 4b enregistre encore un faible taux de taxons arboréens, l'image pollinique de la forêt environnante va à nouveau augmenter dans les échantillons supérieurs de la séquence. Le chêne et le noisetier restent relativement stables ; le hêtre fait de même jusqu'en surface où il disparaît quasiment. Cette zone est surtout marquée par l'augmentation des résineux, le pin en priorité, accompagné de l'épicéa (*Picea*) et dans une bien moindre mesure du sapin (*Abies*). Les graminées sauvages augmentent de façon très importante en début de zone (jusqu'à 45% de la somme pollinique), et se stabilisent autour de 22% dans les échantillons suivants. Le reste du couvert herbacé perd de la diversité. Les IPA restent relativement bien présents, mais avec tout de même une tendance à la baisse en général et même la disparition du chanvre. La callune (*Calluna*) augmente fortement tout au long de la zone, et ne fléchit qu'en surface où les spores de sphaigne sont extrêmement nombreuses. Au cours de cette dernière zone, les MNP sont plus nombreux et plus diversifiés que sur le reste de la séquence. Les échantillons les plus profonds sont marqués par la présence de champignons coprophiles et fimicoles, comme les Sordariales, *Cercophora*, *Chaetomium* et *Pleospora*. La présence constante de micro-charbons, sauf en surface, est aussi concomitante d'occurrences d'ascopores de champignons carbonicoles, *Gelinaspora* cf. *reticulispora* (T2) et *Neurospora* (T55C), dans les deux échantillons les plus pro-

fonds de la zone 4b. Ils évoquent la proximité des événements de feux enregistrés sur les lames polliniques. Enfin, on remarque dans l'échantillon de surface, la présence concommitante de micro-organismes couramment présents dans les tourbières bombées holocènes, comme le type 8 (une fructification qui colonise les plantes du milieu de dépôt), des enveloppes de rotifères telles qu'*Habrotrochoa angusticolis*, ou encore des thèques d'amibes : *Assulina muscorum* et *Arcella arenaria* ; autant de taxons qui n'étaient enregistrés que de façon sporadique auparavant.

**Synthèse**

La présence de deux hiatus importants dans la séquence issue de la tourbière du Vernay à Saint-Brisson ne permet pas de saisir l'histoire paléoenvironnementale locale du début de l'Holocène, ni celle du passage du Subboréal au Subatlantique. En revanche, elle a enregistré avec détail les 7 millénaires qui couvrent la biozone de l'Atlantique et une grande partie de celle du Subboréal. Ce qui ce qui permet de suivre les dynamiques végétales durant cette période, de l'installtion de la chênaie mixte thermophile de l'Optimum climatique, jusqu'au développement de la hêtraie-chênaie qui lui succède avec la péjoration climatique du début du Subboréal, qui marque le passage dans le Néoglaciaire (e.g. Magny 2004, van Geel et Magny 2002). La particularité du diagramme pollinique du Vernay est de montrer la persistance de taxons typiques de la chênaie mixte mésothermophile, durant toute la première partie du Subboréal. Ainsi, le tilleul et le frêne gardent-ils une place non négligeable dans la forêt morvandelle jusqu'au moins autour de 3500 cal BP (ZPL V3a), alors que le hêtre ne prend de l'importance que tardivement, comme sur l'ensemble du massif (voir chap.3.2.1.).

L'enregistrement est donc particulièrement riche pour documenter la période qui couvre la seconde moitié du Mésolithique jusqu'à l'âge du Bronze ancien (environ de la seconde moitié du 6$^{e}$ millénaire jusqu'autour de 1650 cal BC). Ainsi, nous avons sur le site du Vernay, le témoignage d'une anthropisation des tout débuts du Néolithique, autour de 5000 avant notre ère, marquée par une antériorité des pratiques pastorales par rapport à l'agriculture (ZPL V2c). Tout au long du Néolithique sont ainsi enregistrées des phases d'emprises et de déprises agro-pastorales, au cours desquelles on peut déceler une part plus ou moins importante du pastoralisme et/ou de l'agriculture. Ces phases qui caractérisent la ZPL V2 enregistrent aussi des variations de la représentation pollinique de la végétation de la tourbière, ainsi que de son niveau trophique.

Dès lors on peut envisager que les activités humaines aient joué un rôle dans les dynamiques écologiques locales que l'on a pu observer.

Une longue lacune affecte ensuite une période chronologique qui s'étend du Bronze moyen (autour de 1600 avant notre ère) jusqu'au Moyen Âge (probablement avant l'an Mil). Si le premier hiatus de la séquence n'apparaît pas dans l'étude réalisée par G. Lemée dans les années 50, car il n'avait pas prélevé et/ou analysé la partie argilo-silteuse la plus profonde qui correspond à la fin du Tardiglaciaire, le second hiatus, en revanche, bien qu'il n'ait été identifié en tant que tel à l'époque, est perceptible sur le diagramme présenté par l'auteur (fig. ). La rupture brutale dans les courbes de l'aulne et du hêtre qui sépare ses zones 2 et 3 correspond nettement à celle qui sépare les ZPL 3b et 4a du diagramme (fig. V4). Cette observation nous incite à écarter l'hypothèse d'un événement très localisé autour du point de forage pour expliquer ce hiatus qui semble concerner l'ensemble de la tourbière, ou au moins une grande partie de son étendue. L'arrêt de l'accumulation tourbeuse est un processus en général lié à une baisse importante de l'hygrométrie (Charman 2002). Ici ce sont donc plutôt des facteurs locaux qui doivent être envisagés pour expliquer un assèchement, car les données paléoclimatiques globales pour cette période indiquent une péjoration climatique (Magny 2004, Magny *et al.* 2007, van Geel et Magny 2002). Enfin, l'éventualité d'un arrachage de la tourbe ne doit pas non plus être écartée.

De la reprise de l'accumulation tourbeuse jusqu'à l'époque contemporaine, les témoignages d'activités agro-pastorales sont plus marqués, diversifiés et constants. Le couvert forestier va diminuer régulièrement, le hêtre étant manifestement l'essence la plus touchée par les défrichements. La forêt est affectée par les activités agro-pastorales, comme le montrent les données polliniques et non-polliniques, mais aussi très probablement par des activités minières et/ou métallurgiques (connues pour les époques modernes et contemporaines), et enfin par l'exploitation du bois de chauffe pour Paris.

Une phase contemporaine d'exploitation de la tourbière est enregistrée notamment par la variété et l'abondance des ascospores de champignons coprophiles, et par la présence de champignons carbonicoles qui viennent apporter un caractère très local aux micro-charbons identifiés sur les lames polliniques. On est probablement face à une exploitation extensive par pâturage, fauchage et brûlis de la tourbière, une exploitation traditionnelle rapportée par la tradition orale (Crosnier 1998). Elle se place avec vraisemblance entre le début du XIX$^{e}$ et le milieu du XX$^{e}$

siècle, alors que la chute du hêtre s'interrompt avec l'arrêt de son exploitation comme bois de chauffe. Une phase est ensuite suivie par l'augmentation du pin et de l'épicéa, témoignages de l'enrésinement général du Morvan à partir des années 60 (Vaucoulon et Chiffaut 2004). Dans les niveaux supérieurs, on voit augmenter de façon significative, les spores de sphaignes, les micro-organismes typiques des tourbières actives, alors que la callune et indices d'activités anthropiques diminuent. Il est probable que l'on assiste ici à la reprise d'une dynamique tourbeuse occasionnée par les travaux de restauration du Conservatoire Botanique de Espaces Naturels de Bourgogne (voir ci-dessus).

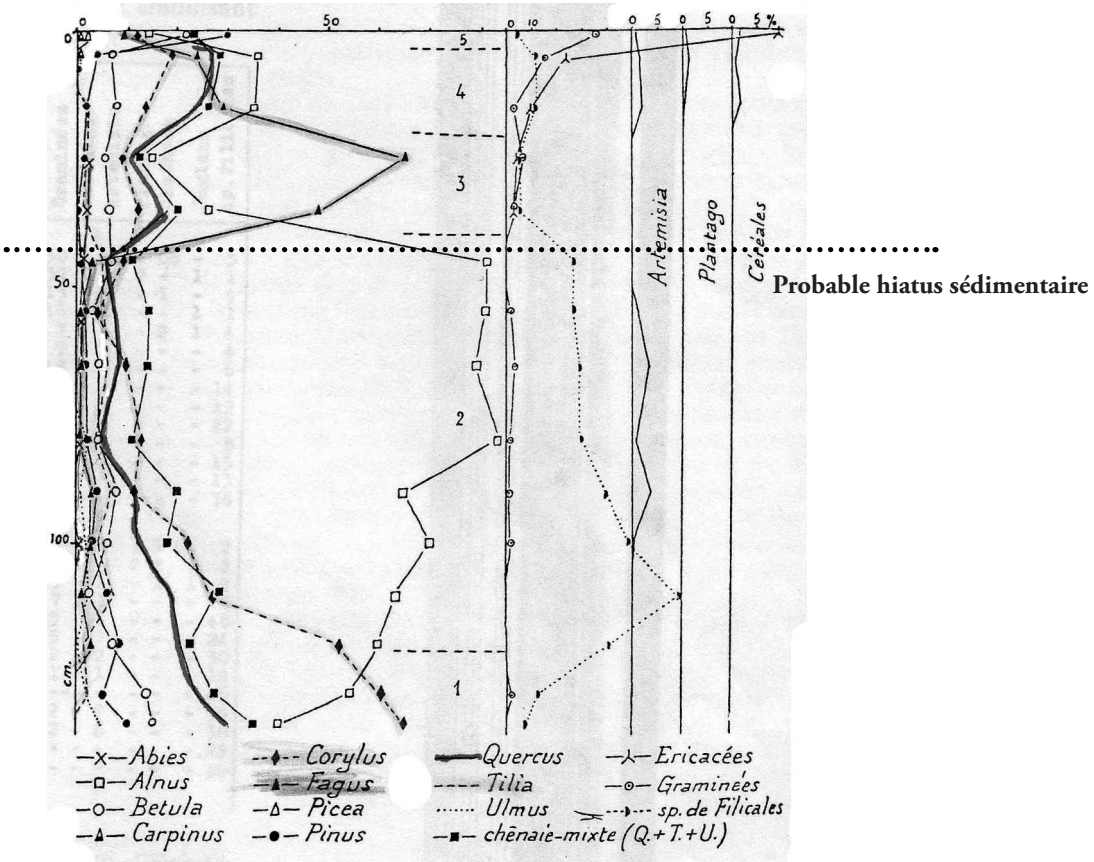



**Fig. 2.18.** Situation probable d'un hiatus sédimentaire sur le diagramme pollinique du Vernay issu de Lemée (1951), d'après les données polliniques et stratigraphiques récentes.

## 2.2.3. Tourbière de Champ Gazon

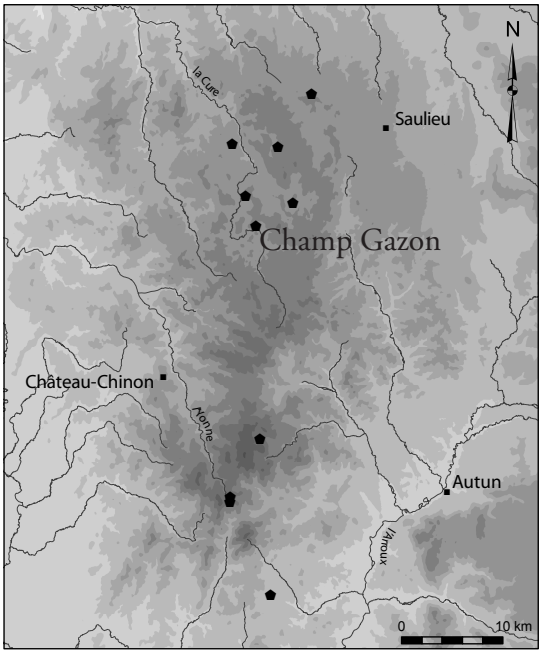
*Montsauche-les-Settons (Nièvre)*

Forage : octobre 2003

Coordonnées géographiques: 47° 12’ 12» N

04° 02’ 55» E

Altitude : 585 m




La tourbière de Champ Gazon est située sur la commune de Montsauche-les-Settons (58) dans le Morvan des collines, au lieu-dit « le Vernet de la Mène Terre ». S’étendant sur une vingtaine d’hectares, la tourbière se compose d’une part d’une callunaie colonisée par le bouleau (*Betula alba*), et d’autre part de landes à callune où se développent des formations à linaigrette engainée (*Eriophorum vaginatum*) et des stations à canneberge (*Vaccinium Ocycoccus*) (Civette 2008). Les sondages effectués pour évaluer les épaisseurs de remplissage de la tourbière ont révélé l’existence d’une zone où les profondeurs atteignent 4 mètres, ce qui fait de Champ Gazon la tourbière la plus profonde explorée à ce jour dans le Morvan. Un carottage a été réalisé dans ce secteur, permettant l’obtention d’une séquence de 3m 88. Cette zone profonde, située en bordure sud de la tourbière, a été utilisée comme décharge de la fin de la Seconde Guerre mondiale jusqu’au début des années 80. Elle a tout d’abord « accueilli » les déblais issus de la destruction du bourg de Montsauche pendant la guerre, puis au cours des années 70, la quantité et la diversité des déchets déposés se sont terriblement accrues, la polluant durablement, notamment par des hydrocarbures. En 1976, un incendie partant des déchets accumulés sur la décharge s’est propagé sur une partie de la tourbière et le feu a perduré plusieurs semaines (Civette 2008).

Nous verrons plus loin, que l’impact de cette décharge et de son histoire, est parfois perceptible lors de l’analyse du remplissage de la tourbière.

**La séquence sédimentaire**

**Tableau 2.13.** Datations radiocarbone AMS

| Profondeurs (cm) | Matériel | Code labo | Âge $^{14}$C BP | Dates calibrées BC-AD (2 sigma) |
|---|---|---|---|---|
| 61-62 | tourbe | Poz- | 2295 ± 45 BP | 410-200 cal BC |
| 97-95 | tourbe | Ly-2463 (Poz) | 2805 ± 45 BP | 1110-840 cal BC |
| 165-166 | tourbe | Poz-21627 | 3660 ± 35 BP | 2140-1930 cal BC |
| 197,5-199 | charbon | Poz-21628 | 4120 ± 35 BP | 2880-2570 cal BC |
| 223,5-224,5 | tourbe | Poz-21629 | 4415 ± 35 BP | 3330-3910 cal BC |
| 269-270 | tourbe | Poz-22896 | 4850 ± 40 BP | 3710-3520 cal BC |
| 296,5-297,5 | tourbe | Poz-22893 | 5710 ± 40 BP | 4690-4450 cal BC |
| 357-359 | tourbe | Ly-2464 (Poz) | 10590 ± 85 BP | 10926-10397 cal BC |
| 369-371 | tourbe | Ly-2465 (Poz) | 11225 ± 85 BP | 11461-11069 cal BC |

Datations réalisées au Centre des Sciences de la Terre à Lyon (Ly), calibrée à CALIB 4.1.3 (Stuiver, 1998) et au Poznan Radiocarbon laboratory - Pologne (Poz) et calibrée avec Oxcal v3.10 (Bronk Ramsey 2005, Reimer 2004)

Afin de dater cette séquence, la plus longue du Morvan, neuf datations radiocarbone ont été effectuées. L'intégration du site de Champ Gazon aux études menées dans le cadre de l'ACI TEPANEO (Martineau *et al.* 2007) a permis de financer une partie de ces dates.

Les deux dates les plus profondes, effectuées sur sédiment total dans le passage tourbeux inclus dans les argiles grises du début de séquence, correspondent à la biozone de l'Allerød pour la plus profonde (-369/-371) et à celle du Dryas récent à 357/359 de profondeur. Si l'enregistrement pollinique des premiers centimètres de la carotte évoque sans ambiguïté une appartenance du début du remplissage au Tardiglaciaire (probablement au Dryas ancien), les assemblages polliniques des échantillons situés entre 372 et 310 centimètres de profondeur, présentent un contenu pollinique mélangé, probablement pollué par des apports polliniques remaniés. L'existence de ces niveaux à l'enregistrement pollinique aberrant ne nous a pas incités à intensifier l'effort de datation de cette portion de carottage. De plus, la présence d'un hiatus sédimentaire identifié par l'analyse des spectres polliniques entre 302 cm et 298 cm de profondeur, corrélé à un changement de sédimentation et suivi d'un enregistrement perturbé ou extrêmement compacté de -314 à -302 centimètres, nous a amené à concentrer l'analyse sur la partie de la carotte comprise entre -300 cm et la surface. La date réalisée à 297 cm de profondeur permet d'attribuer le début de la reprise de l'accumulation sédimentaire au 4$^{e}$ millénaire avant notre ère. Celle-ci est uni-

quement composée de tourbes : tout d'abord une tourbe peu évoluée, où sont perceptibles des débris végétaux entre 300 et 160 cm, puis une tourbe brune homogène entre 160 et 96 cm, et enfin, jusqu'aux quelques centimètres de sphaigne de surface, on observe une tourbe peu décomposée, extrêmement fibreuse et humide. Les sept dates réparties sur cette portion de séquence ont permis l'établissement d'un modèle âge/profondeurs de type *Gam's model* (chap. 1.3.4.2.) qui montre une accumulation tourbeuse relativement régulière dans l'ensemble, mais où quatre grandes phases peuvent tout de même être individualisées (fig. 2.19.). La première, entre -300 et -270 cm montre une accumulation d'une moyenne d'environ 30 ans par centimètre. De 250 à 200 centimètres de profondeur, la sédimentation s'accélère, offrant un enregistrement très détaillé de la période qui va d'environ -3000 à -2500, et qui couvre donc une grande partie du Néolithique Final. Puis, un nouveau ralentissement de turbification intervient peu après la date radiocarbone réalisée à -198 cm de profondeur, soit au milieu du 3$^{e}$ millénaire avant notre ère. On observe alors la reprise d'un taux d'accumulation proche de celui qui caractérise la première portion. Enfin, un ralentissement plus important touche la partie supérieure de la carotte, entre 60 cm et la surface, ce qui induit un enregistrement beaucoup plus compacté pour la période qui couvre les deux derniers millénaires.

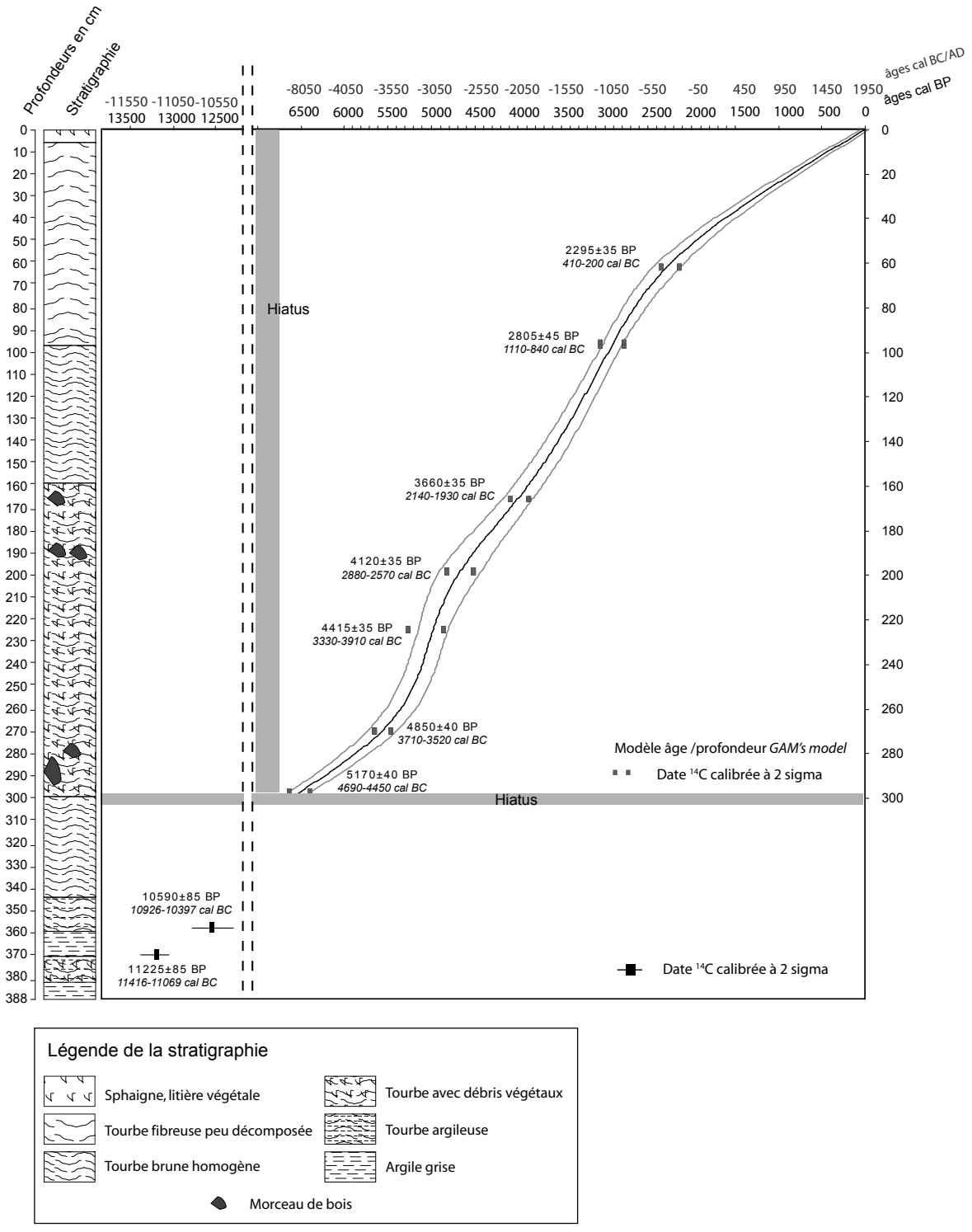



**Fig. 2.19.** Tourbière de Champ Gazon - Stratigraphie de la carotte et modèle âge/profondeur

| ZPL | Prof. cm | Strate arborescente | Strate herbacée | Microfossiles Non-Polliniques |
|---|---|---|---|---|
| CG 6f | 33 | - chute continue de la courbe de *Fagus*<br>- augmentation de la courbe de *Carpinus*<br>- apparition de *Castanea*, puis de *Juglans* | - augmentation continue de la courbe des Poaceae<br>- bonne représentation des IPA, courbes continues de *Cerealia*-type, *Cannabis*-type et *Secale*. Occurrences de *Linum* et *Fagopyrum*<br>- augmentation très importante de la courbe de *Calluna* | - occurrences régulières et pouvant être importantes de T 766, T130 et T332<br>- plusieurs occurrences des types 1 et 2 et présence très importante dans les 2 échantillons supérieurs<br>- T112a seulement présent dans les 3 premiers échantillons, T55a présent tout au long de la zone |
| CG 6e | 57 | - chute drastique de *Fagus*, corrélée à une légère augmentation de *Quercus* à un pic de *Betula*<br>- en fin de zone, *Fagus* et *Quercus* reprennent de l'importance | - la courbe des Poaceae continue à progresser légèrement, puis chute en fin de zone<br>- présence plus importante des IPA, apparition de *Cannabis*-type<br>- pic de *Sphagnum* au niveau 36 | - idem CG6d, à noter la disparition de T112a sur les derniers niveaux de la zone |
| CG 6d | 69 | - forte représentation de *Fagus*<br>- au fléchissement des courbes de *Betula* et *Corylus*<br>- courbe continue de *Carpinus* | - petite augmentation des Poaceae<br>- pas de *Cerealia*-type et très peu de pollen d'IPA<br>- *Calluna* prend de l'importance en fin de zone | - disparition des T31 et 32,<br>- présences constantes des types 44, 18, 13 et 112a |
| CG 6c | 93 | - légère baisse du taux global en début de zone, principalement due à la baisse de *Fagus* ; après cette chute temporaire *Fagus* augmente à nouveau plus fortement<br>- les occurrences de *Carpinus* sont plus régulières | - légère hausse des Poaceae, notamment en début de zone<br>- idem pour l'ensemble des IPA<br>- réapparition de *Melampyrum* en courbe discontinue<br>- augmentation des taux de *Sphagnum* | - présences constantes et pouvant être ponctuellement importantes des types 31a, 32a et b, 37 et 353<br>- présence constante et régulière de T44<br>- apparition de T13 en seconde partie de zone<br>- occurrences sporadiques de T112a et T55a |
| ***CG 6b*** | 157 | - domination écrasante de taux de pollen d'arbres, au dessus de 95% de la somme pollinique<br>- place prépondérante de *Fagus*<br>- quelques occurrences de *Carpinus* | - très faibles taux de Poaceae<br>- quelques occurrences de *Cerealia*-type, d'Urticaceae, de Chenopodiaceae, *Rumex*… mais seule la présence *Plantago lanceolata* est régulière<br>- occurrences de *Scheuchzeria palustris* tout au long de la zone | |
| ***CG 6a*** | 173 | - stagnation de la progression de la courbe de *Fagus*, et baisse sensible en fin de zone<br>- augmentation de *Corylus*<br>- *Alnus* disparaît et les autres taxons arboréens ont une présence discrète | - diminution du taux de Poaceae<br>- une seule occurrence de *Cerealia*-type au niveau 184, *Plantago lanceolata* en augmentation<br>- petit pic en fin de zone de *Melampyrum* ; occurrences de *Lysimachia* de *Liliaceae* indet. | - les types 44, 18, 4 et 112a sont toujours bien représentés<br>- apparitions plus régulières de T28 et quelques occurrences des types 31a, 32a et b |
| ***GC 5b*** | 203 | - zone marquée par l'accroissement du taux de *Fagus*,<br>- baisse des taux de *Betula* et *Corylus*<br>- *Quercus* augmente très légèrement<br>- présence discrète, mais continue de *Tilia* et *d'Alnus* | - les Poaceae qui diminuent légèrement à la transition entre les deux phases, rejoignent progressivement les 20 %<br>- les IPA sont moins bien représentés que dans la zone 3a<br>- courbe continue de *Melampyrum*<br>- forte augmentation de *Sphagnum*, pics aux niveaux 180 et 188 | - augmentation notable du taux global de MNP<br>- augmentation remarquable de T112a, accompagnée d'une présence plus importante de T55a<br>- sont toujours présents constamment : T357, 16a, T44, T360, T18, T4 et T27<br>- niveau -196 marqué par les présences ponctuelles de T32a et b et T37 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***CG 5a*** | 239 | - la courbe de *Quercus* oscille autour de 10%<br>- deux pics majeurs de *Betula* et *Corylus* en début et fin de zone<br>- occurrences régulières de *Fagus*<br>- *Alnus* est de plus en plus faiblement représenté | - augmentation des Poaceae (de 9% à presque 20%)<br>- présence d'IPA, occurrences régulières de *Cerealia*-type et de *Plantago lanceolata* à partir du niveau 226<br>- courbe quasi continue de *Melampyrum* | - baisse des MNP indéterminés<br>- forte augmentation de T18, notamment en début de zone<br>- apparition et présence constante de T27<br>- présence régulière de T112a et légère augmentation en fin de zone<br>- occurrences régulières des types 357, 16a, 126 et 55A |
| ***CG 4b*** | 257 | - l'ensemble des taxons arboréens qui ont chuté en zone précédente reprend une certaine importance en début de zone ; puis ces mêmes taxons chutent à nouveau simultanément | - la baisse des Poaceae amorcée en zone précédente se poursuit ; dans un second temps, nouvelle augmentation, toutefois de moindre ampleur,<br>- courbe régulière de spores monolètes | - forte augmentation de l'ensemble des MNP<br>- prédominance du type 360<br>- augmentation de la présence de T112a et apparition du T55a |
| ***CG 4a*** | 261 | - baisse importante des taxons arboréens, dans un premier temps *Corylus* et *Tilia*, suivis de *Quercus* et *Alnus*<br>- premières occurrences de *Fagus* en fin de zone | - très forte augmentation du taux des Poaceae<br>- quasi absence d'IPA<br>- augmentation d'une Liliaceae indet., apparue en zone précédente,<br>- occurrences de *Narcissus ps.*-type et de *Lysimachia*<br>- baisse régulière des spores monolètes | - augmentation notable du type 18 en début de zone, il décroit ensuite progressivement<br>- présence discrète mais constante de T133<br>- occurrences régulières des types 16a, 44 et 360<br>- apparition de T112a |
| ***CG3*** | 299 | - forte présence du pollen d'*Alnus* en début de zone ; puis malgré une chute importante, reste prédominant<br>- bonne représentation de *Quercus*, *Corylus* et dans une moindre mesure *Tilia*. - courbes régulières d'*Ulmus* et *Fraxinus*<br>- présence de pollen de différents arbustes notamment *Frangula alnus* et *Sorbus*-type | - très faibles proportions de Poaceae et de Cyperaceae<br>- les Ranunculaceae dominent la représentation du couvert herbacé notamment en début de zone<br>- quelques occurrences sporadiques d'IPA : *Cerealia*-type, *Plantago lanceolata* et *Polygonum aviculare*-type<br>- pic important de spores monolètes | - légère augmentation de T18 |
| CG 2 | 315 | - large prédominance de *Pinus* en début de zone, très vite remplacé par *Corylus* (autour de 50%)<br>- courbe continue de *Betula* ; augmentation de celle de *Quercus* et occurrences de *Tilia*, *Ulmus* et *Fraxinus* | - courbes peu importantes des Poaceae et des Cyperaceae<br>- grande variété des herbacées mais faibles quantités | - zone très pauvre en MNP, quelques occurrences isolées d'ascospores, notamment T18 |
| CG 1b à 1d | 373 | Echantillons au contenu pollinique probablement pollué | | |
| CG1a | 388 | - très peu de pollen d'arbres (total entre 5 et 7%)<br>- présence régulière de *Betula* et *Salix*, occurrences de *Pinus*, *Corylus*, *Hippophae* et *Ephedra* | - prédominance des Poaceae (plus de 50 %), et des Cyperaceae<br>- *Artemisia* et *Helianthemum* sont bien représentés | - MNP peu présents en quantité et en variété<br>- T128, T225 et T353 sont les mieux représentés |

**Tab. 2.14.** Description du diagramme pollinique, Zones Polliniques Locales (ZPL), et du diagramme des Microfossiles Non Polliniques (MNP) (sens de lecture : de bas en haut). Diagrammes A.14. et A.15.

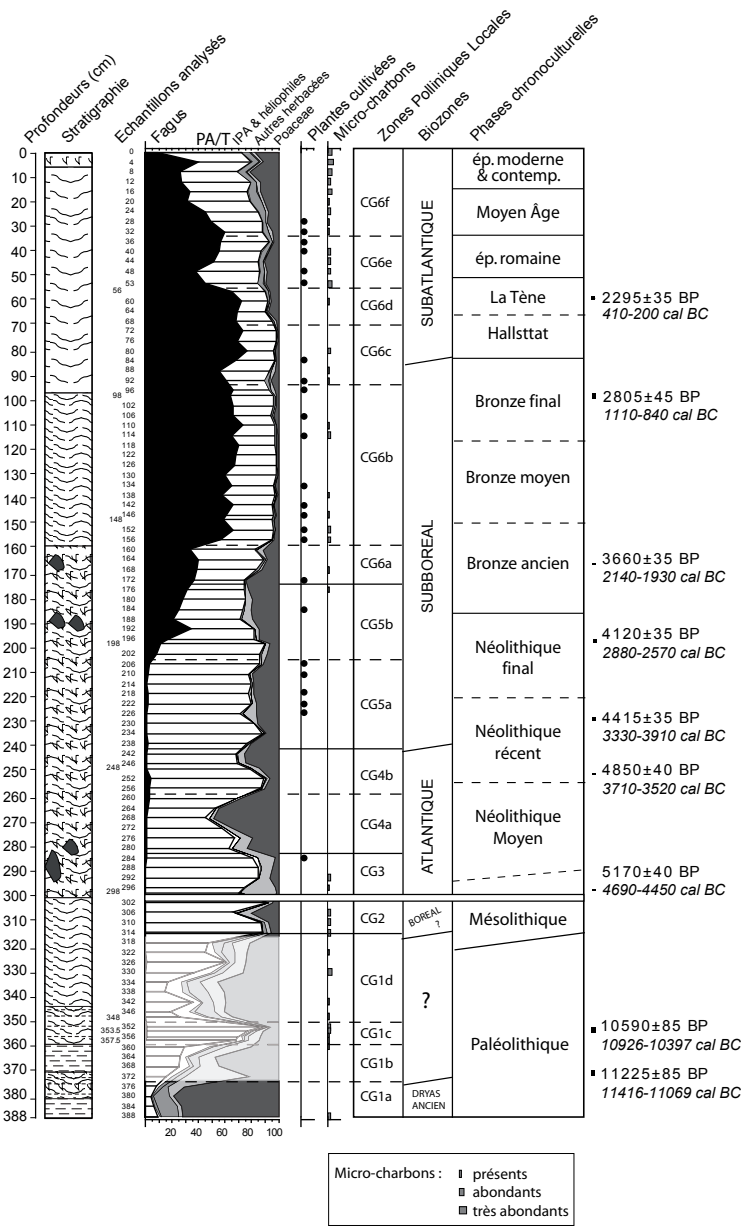



**Fig. 2.20.** Tourbière de Champ Gazon - Diagramme simplifié

## Commentaire

Analyse des fig. A.14., A.15., voir aussi fig. 2.20.

### ZPL CG1

Les spectres polliniques de la première de partie de la zone CG1 sont typiques des steppes froides du Tardiglaciaire : absence des principaux taxons arboréens, présence d'arbustes tels que l'argousier (*Hippophae*) et l'éphédre (*Ephedra*) et large prédominance de la strate herbacée. Celle-ci, principalement représentée par les Poacées et les Cypéracées, est aussi composée de taxons héliophiles comme l'armoise (*Artemisia*) et les hélianthèmes (*Helianthemum*). La présence de micro-organismes à caractère aquatique comme les *Volvocacées* (T128) et les globoses de type 225, ainsi que la nature du sédiment, de l'argile grise, évoquent la présence d'eau permanente.

Dès la fin de la première phase (CG1a), puis tout au long de cette première biozone, si l'on continue à observer les taxons typiques du Tardiglaciaire (genévrier -*Juniperus*, argousier, herbacées héliophiles), tout un cortège de taxons arboréens beaucoup plus thermophiles est aussi présent et parfois en proportions importantes. Il s'agit notamment du noisetier (*Corylus*), du chêne (*Quercus*), et même de l'orme (*Ulmus*) et du tilleul (*Tilia*). Leur présence dans des niveaux datés par le radiocarbone de l'interstade Bølling/Allerød et du Dryas récent ne peut malheureusement

s'expliquer que par l'existence de pollution de ces niveaux par un contenu pollinique beaucoup plus récent. La cohérence des niveaux qui encadrent cette portion de séquence, avec la présence probablement de niveaux du Dryas ancien en CG1a et du début de l'Holocène en CG2, plaide plus en la faveur de cette hypothèse de pollution, que pour la remise en question de la validité des deux dates radiocarbone. La proximité de la décharge constitue peut-être un élément d'explication de cette pollution. L'étude d'une séquence prélevée à une distance plus importante de cette décharge, dans la lentille tourbeuse la plus profonde, est la seule alternative pour une étude sérieuse du remplissage Tardiglaciaire à Champ Gazon.

**ZPL CG2**

Le fort taux de pin (*Pinus*) enregistré par le premier échantillon cette zone (plus de 60%), et l'absence ou la faible représentation des autres arbres évoquent la biozone du Préboréal. Dès l'échantillon suivant, le pin chute de façon drastique et c'est le noisetier qui atteint un pourcentage de plus de 60%, donnant alors à l'enregistrement pollinique les caractéristiques du couvert forestier boréal. On remarque la présence de microcharbons dans la majeure partie des échantillons analysés et une chute ponctuelle du noisetier et du chêne -306 cm provoque l'augmentation du taux de Poacées et de quelques autres herbacés comme la potentille (*Potentilla*) ou le mélampyre (*Melampyrum*). La perturbation des niveaux précédents, ainsi que l'absence de date, ne nous permettent pas de saisir précisément si nous sommes en présence d'un enregistrement très compacté, ou si la ZPL2 est affectée de hiatus dans l'enregistrement sédimentaire.

**ZPL CG3**

Un hiatus sédimentaire correspondant à plus de 3 millénaires sépare cette zone pollinique de la précédente (Fig. CG1). Comme on l'a vu ci-dessus, une date située à 297 cm de profondeur permet d'attribuer le début de la reprise de l'accumulation tourbeuse au 4$^{e}$ millénaire avant notre ère. Les taxons de la forêt mésothermophile de l'Atlantique sont bien représentés, notamment le chêne et le tilleul, accompagnés d'un taux de noisetier qui reste assez important (aux alentours de 30%). L'orme est constamment présent, mais reste extrêmement discret. La représentation pollinique de l'aulnaie (*Alnus*), probablement localisée sur la zone humide, est très importante en début de zone, mais chute rapidement et de façon drastique. L'augmentation tout aussi spectaculaire du taux de spores monolètes, est à mettre à relation avec l'ouverture locale provoquée par la chute de l'aulne. Concernant la représentation de la strate herbacée, les graminées sauvages

comme les Cypéracées gardent des taux faibles et la prédominance des Renonculacées en début de zone s'atténue peu à peu. On observe l'apparition d'une Liliacée dont nous n'avons pu identifier le genre, de la jonquille (*Narcissus pseudonarcissus*) et de la lysimaque (*Lysimachia*). Quelques anthropochores et apophytes sont présentes dans les différents échantillons analysés : des occurrences de grains de pollen de plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*), d'oseille (*Rumex*) et enfin, l'identification d'un grain de pollen de type céréale (*Cerealia*-type), dans le dernier échantillon de la zone (-184). Les indices polliniques qui vont dans le sens d'un certain assèchement de la zone de dépôt, sont corroborés par l'enregistrement des microfossiles non-polliniques (MNP), avec la présence restreinte au premier échantillon de l'algue verte *Botryoccocus* (T766) et des *Volvocacées* (T128). On note enfin la présence de micro-charbons dans les palynofaciès de milieu de zone. Le début de la ZPL 3, plutôt bien daté, est situé autour de 6500 cal BP, et l'ensemble de la ZPL, cette phase où sont perceptibles des indices ténus d'anthropisation, couvre le Néolithique moyen I (4500-4000 cal BC).

**ZPL CG4**

La zone 4 est marquée par deux phases de chute consécutives de l'ensemble des principaux taxons arboréens : noisetier, chêne et tilleul, et à nouveau par des baisses de taux de l'aulne. On note aussi l'apparition discrète mais régulière du hêtre (*Fagus*). Les Poacées sont les seules herbacées qui montrent une augmentation proportionnelle à l'ampleur de la chute du pollen d'arbres. Concernant les IPA, on note l'absence de céréale et seulement quelques occurrences isolées de plantain lancéolé, d'oseille et de renouée (type renouée-des-oiseaux *Polygonum aviculare*-type). Au niveau des MNP, les modifications sont beaucoup plus importantes, avec une augmentation remarquable en quantité et en variété de zygosopores, d'enveloppes de rotifères, et surtout de spores d'ascomycètes, qu'elles soient ou non identifiées. Tout d'abord, la présence constante de zygospores d'algue du genre *Mougeotia* indique une augmentation de l'humidité, au moins de façon saisonnière. Les parasites du bois, jusqu'alors rares, sont présents tout au long de la zone, notamment *Ustulina deusta* (T44) et une ascomycète du genre *Brachysporium* (T360). La présence du type 18, ascospore d'un parasite observé sur *Eriophorum vaginatum*, tend à indiquer, par son importance, la présence de linaigrette engainée, surtout en zone 4a. La linaigrette, dont la croissance est manifestement favorisée par l'ouverture du milieu, indique aussi un degré avancé d'activité et/ou de maturité de la tourbière. L'ensemble de la zone 4 est aussi marquée par

l'apparition d'ascomycètes coprophiles et fimicoles du genre *Cercophora* (T112a), avec une fréquence régulière et une légère augmentation en zone 4b, contemporaine du début de la seconde ouverture. En zone 4b, le genre *Sordaria* (T55a) fait aussi son apparition, indiquant une eutrophisation du milieu de dépôt. L'association de ces deux ascomycètes traditionnellement utilisées comme indicateurs de fumier *dung indicators*, peut être interprétée comme le témoignage d'une fréquentation pastorale de la tourbière et/ou de son environnement proche (voir chap. 2.2.3). La présence de ces indicateurs, combinée avec les phases d'ouvertures du milieu illustrées par l'enregistrement pollinique, évoquent un impact anthropique à proximité de la tourbière, qui serait principalement lié à des activités à caractère pastoral. Mais, comme pour la phase précédente, ces indices restent ténus comparés à l'ampleur de l'augmentation du taux des Poacées qui affecte l'enregistrement à deux reprises. Ces deux événements se succèdent au cours du Néolithique Moyen II (entre 4000 et 3200 cal BC).

**ZPL CG5**

On observe tout d'abord la chute continue et durable du taux de chêne, alors que le noisetier et surtout le bouleau connaissent de fortes augmentations. Ce phénomène caractérise principalement la phase 5a ; la zone 5b, en revanche, est marquée par la croissance du hêtre. Par ailleurs, la part de l'aulne s'amenuise considérablement et de façon durable tout au long de la zone. Dans le même temps, alors que les taux de Poacées restent relativement importants, la présence des IPA se fait plus régulière et les taxons plus diversifiés. Cette phase d'anthropisation du couvert végétal est aussi marquée par la présence du mélampyre affirmant ainsi le caractère local de l'ouverture du milieu. Les occurrences régulières de grains de pollen de céréales, au cours de la phase 5a, indiquent la présence de cultures proches. En revanche, durant la phase 5b, si la présence des apophytes (plantain et oseille particulièrement) reste constante, un seul niveau contient des grains de pollen de céréales. Ce sont alors surtout les microfossiles coprophiles qui augmentent de manière significative. *Cercophora* et *Sordaria*, déjà présents dans la zone 5a, prennent une grande importance, accompagnés de nouveaux taxons saprophytes : *Pleospora* sp. (T3b), *Chaetomium* (T7a) et *Coniochaeta* cf. *ligniaria* (T172). La tourbière a donc enregistré deux phases dans les types de pratiques agro-pastorales appliquées dans l'environnement proche de la tourbière ; ces deux phases bénéficient d'une précision de datation assez remarquable. Ainsi, entre 2850 et 2550 cal BC environ, soit de la fin du Néolithique Moyen II jusqu'au milieu du Néolithique final, les

indices d'activité humaine sont liés à la culture des céréales. Alors que durant une seconde phase, du Néolithique final au début du Bronze ancien (soit autour de 2200 cal BC), la tourbière et son environnement proche semblent plutôt avoir connu une fréquentation pastorale.

**ZPL CG6**

L'ensemble de la zone pollinique 6 est avant tout marqué par l'importance du hêtre, dont les taux vont rapidement et durablement dominer les sommes polliniques. Les autres taxons arboréens, à l'instar du chêne et du noisetier, ne présentent plus de variations très significatives. Seul le bouleau réagit par de petits pics temporaires aux différentes ouvertures du milieu qui vont affecter la zone. Outre cette tendance générale, différents événements vont marquer les subdivisions de la ZPL 6. L'enregistrement de la première sous-zone (6a) se situe dans le prolongement de la zone précédente, avec une progression continue du hêtre et une légère augmentation ponctuelle du noisetier. Le tilleul perd définitivement de l'importance. Si la baisse du taux des Poacées évoque une fermeture de l'environnement de la tourbière, celle-ci n'est pas encore complète, comme en témoigne la présence du mélampyre. Les céréales ne sont présentes que dans le premier échantillon de la zone, mais le pollen de plantes apophytes est plus abondant que lors de la phase précédente et il s'y ajoute des mentions plus régulières d'ortie (Urticaceae). Ici encore, les ascospores de *Cercophora* tiennent une place importante surtout en fin de zone (échantillon -160), alors qu'on observe un fléchissement net de la croissance de la courbe du hêtre. Les limites temporelles de cette zone correspondent à peu près à celles du Bronze ancien (environ 2250 à 1650 cal BC).

En zone 6b, la représentation du couvert forestier, le plus souvent autour de 95%, domine de façon écrasante les spectres polliniques. Le taux de graminées sauvages diminue en conséquence et le mélampyre disparaît durablement. L'ensemble de la strate herbacée est considérablement réduit en quantité et en variété. En revanche, les occurrences de grains de céréales, d'orties, de chénopodes (Chenopodiaceae) restent régulières et la courbe du plantain lancéolé, bien que très basse, n'en reste pas moins continue. On observe aussi l'apparition d'une courbe quasiment continue de scheuchzérie des tourbières (*Scheuchzeria palustris*). Cette espèce, disparue aujourd'hui dans le Morvan (Bardet *et al.* 2008), se développe dans les gouilles constamment en eau, évoquant un stade de formation de la tourbière qui précède le bombement (Manneville *et al.* 1999). Enfin, la composition des assemblages de microfossiles non-polliniques est profon-

dément modifiée, la présence d'*Ustulina deusta* est alors la seule à rester constante par rapport à la phase 6a. Les types 18 et 4 montrent une baisse significative et les ascospores de coprophiles diminuent de façon importante et disparaissent même des échantillons de la partie centrale de la zone. La zone 6b est aussi particulièrement marquée par la présence combinée d'un ensemble de microorganismes caractéristiques des zones humides comme les thèques d'amibes : *Assulina muscorum* (T32a) et *Assulina semilinum* (T32b), ainsi qu'*Amphitrema flavum* (T31a), la plus abondante, qui est aussi la plus hygrophile (voir Annexe X). Elles sont accompagnées d'autres microorganismes comme des enveloppes de rotifères (*Callidina angusticollis* – T37), des cocons de *Turbellaria* (*Rhabdocoela* – T353), qui sont plus ubiquistes, mais ce qui est ici remarquable, c'est la concordance de la présence respective de tous ces micro-organismes. Ce changement dans la composition des assemblages de microfossiles non-polliniques est aussi le reflet d'un changement de niveau trophique de la tourbière, comme l'indiquent certains microorganismes marqueurs de conditions plutôt oligotrophes comme *Amphitrema flavum*. Cette phase de l'enregistrement, marquée par l'importance de la représentation de la forêt environnante et la concordance d'indices polliniques et non-polliniques d'une phase particulièrement humide et active de la tourbière, couvre une période correspondant au Bronze moyen et au début du Bronze final (1650 à 1000 environ cal BC).

Le début de la zone CG6c est marqué par une baisse sensible du taux de hêtre. Cette baisse, dont l'enregistrement est localisé dans les deux premiers échantillons de la zone, est immédiatement suivie d'une nouvelle augmentation du hêtre : ses taux, situés entre 70% et 75%, sont les plus élevés de toute la séquence. Les autres taxons arboréens restent relativement stables, si l'on excepte une chute ponctuelle du bouleau dans le premier échantillon de la zone. Le charme (*Carpinus*), s'il ne forme pas encore une courbe continue, est dès lors tout de même plus présent. La baisse du hêtre en début de zone est corrélée dans un premier temps à une augmentation des graminées sauvages et de petits pics de plantes apophytes comme le plantain lancéolé, l'oseille ou encore l'armoise, dans un second temps à une légère augmentation des Cypéracées. Quelques occurrences de céréales sont aussi enregistrées dans la première moitié de la ZPL et on note à nouveau une succession de pics de pollen de mélampyre. La scheuchzérie, qui marquait la phase précédente, disparaît presque totalement en zone 6c, mais la présence toujours affirmée de sporange d'*Entophyctis lobata* (T13), qui atteint son maximum dans la tourbe à *Scheuzeria palustris*,

peut indiquer que cette espèce est toujours présente sur la tourbière (mais peut-être plus dans l'environnement immédiat du point de forage). De plus, les assemblages de thèques d'amibes et de d'enveloppes de rotifères sont identiques à ceux enregistrés en zone 6b. Ils indiquent un niveau toujours élevé d'humidité, et le caractère plutôt ombrotrophe de la tourbière. Le modèle d'âge situe les débuts de cette phase, autour de 1000 cal BC, une phase qui va couvrir la fin du Bronze final ainsi que le premier âge du Fer (jusqu'à 450-400 cal BC environ).

Durant la zone 6d des taux importants de pollen de hêtre se maintiennent, même si le rapport du total des arbres tend à diminuer. Cette légère baisse est principalement due à celle des taux de bouleau et de noisetier. Les graminées sauvages augmentent de façon proportionnelle, mais la présence des autres herbacées demeure extrêmement discrète. On note la même tendance pour les taxons indicateurs d'activités agro-pastorales : absence de céréales et occurrences rares des apohytes. Par ailleurs, des changements interviennent au niveau des assemblages de MNP, avec notamment la disparition des thèques d'amibes. Malgré la présence à nouveau régulière de *Cercophora*, cette zone se place donc plutôt dans le prolongement de la phase de déprise agro-pastorale qui débute au cours de la zone précédente, et que le modèle d'âge situe au second âge du Fer (période de La Tène de 450 à 50 avant notre ère).

La première moitié de la ZPL CG6e, est marquée par une chute du hêtre dont l'ampleur est sans précédent. D'abord en augmentation en début de zone, les taux de chêne suivent ensuite la même tendance à la baisse. Alors que les autres taxons sont relativement stables, la courbe du bouleau forme un pic en milieu de zone et elle baisse ensuite brutalement dans un second temps. Dans cette seconde moitié de la zone la représentation de la hêtraie-chênaie augmente à nouveau de façon assez rapide. La chute des principaux arbres en première partie de zone induit une sensible augmentation des Poacées, qui ne chuteront réellement que dans le dernier échantillon (-36 cm). En début de zone les taux de céréales de type blé, orge et/ou avoine, augmentent légèrement, même s'ils restent toutefois autour de valeurs modestes qui ne dépassent pas 0,6%. Ce sont alors surtout les courbes du plantain et de l'oseille qui prennent durablement de l'ampleur au cours de la zone 6e. Au niveau des MNP, la représentation de *Cercophora* augmente et les Sordariales sont à nouveau régulièrement présentes dans les mêmes échantillons. Le phénomène est sensible en première moitié de zone, alors que dans la seconde, ils disparaissent à nouveau. Enfin, on enregistre la présence constante de micro-charbons qui sont même relativement abondants

dans le premier échantillon. Cette phase, marquée par une importante baisse de la représentation du couvert forestier dans sa première moitié, débute à la fin du second âge du Fer (I^er^ siècle avant notre ère) et couvre probablement en grande partie l'Antiquité romaine (jusqu'aux VI^e^-V^e^ siècles de notre ère).

La dernière zone pollinique locale de la séquence (CG 6f) enregistre une chute continue de la courbe du hêtre, une chute qui s'interrompt toutefois sur le 12 derniers centimètres. A l'inverse, la courbe du bouleau augmente régulièrement. Les arbres cultivés, le châtaignier (*Castanea*) d'abord, puis le noyer (*Juglans*) ensuite, font seulement leur apparition, et les résineux, pin et épicéa n'apparaissent que dans l'échantillon de surface. Les graminées sauvages et dans une moindre mesure les Cypéracées augmentent régulièrement jusqu'à l'échantillon de surface. A côté de la courbe continue des grains de pollen de céréale de type blé, orge et/ou avoine, de nouvelles cultures apparaissent : tout d'abord le chanvre (*Cannabis*-type) accompagné d'une occurrence de lin (*Linum*), seul témoignage pollinique de cette culture dans le Morvan. La courbe de seigle (*Secale*) ne connait un réel développement que tardivement, après de XI^e^ siècle d'après le modèle d'âge. Enfin, la zone est aussi marquée par une augmentation importante et régulière de la courbe de la callune (*Calluna*). Toutefois, la portion située avant les 10 derniers centimètres, évoque encore une certaine humidité, au moins saisonnière, avec la présence de zygospores d'algues vertes : *Spyrogira* (T130), *Botryoccocus* (T766) et même *Euastrum* (T332) aux profondeurs -12 et -20. Les micro-charbons sont omniprésents sur les lames de cette zone, accompagnés de plusieurs occurrences de spores de champignons carbonicoles de type *Gelinaspora*. Leurs représentations respectives atteignent un maximum en surface. Ils sont probablement les témoignages de l'exploitation de la forêt environnante pour les activités agro-pastorales et/ou paléoindustrielles des sociétés médiévales, modernes et contemporaines, une exploitation qui provoque la chute continue des taux de hêtre. L'abondance des micro-charbons, ainsi que celle encore plus frappante des champignons carbonicoles, dans les deux niveaux supérieurs, sont quant à elles plutôt à mettre en relation avec les incendies de la décharge contemporaine, installée à proximité du point de forage, et plus particulièrement celui qui sévit sur la tourbière à la fin des années 70 (Civette 2008).

**Synthèse**

La tourbière de Champ Gazon, qui est la séquence la plus longue du massif du Morvan, est aussi celle dont la formation est la plus ancienne. Malheureusement, après le début argileux de la séquence qui présente des assemblages polliniques attribuables au Dryas ancien, les échantillons analysés dans les 60 centimètres suivants, où alternent tourbe et argile, présentent un enregistrement pollinique aberrant, et donc très probablement mélangé par des apports polliniques remaniés. Si cette séquence n'a pas permis l'étude d'une histoire locale se rapportant aux biozones de l'Interstade Bølling/Allerød et au Dryas récent, comme en attestent les datations radiocarbone, elle révèle toutefois le potentiel pour l'instant unique de cette tourbière pour documenter la période tardiglaciaire dans le Morvan.

Ensuite, malgré le hiatus majeur qui affecte le début de l'Holocène, l'enregistrement documente de façon particulièrement détaillée l'histoire locale les dynamiques végétales et de l'occupation humaine du centre du Morvan, principalement pour une chronologie qui s'étend du Néolithique moyen à la fin de l'époque romaine. Cette séquence présente aussi une grande richesse en microfossiles non-polliniques, qui n'a pas d'égale dans les autres tourbières analysées sur le massif du Morvan. La confrontation de cet enregistrement avec les données polliniques permet d'individualiser clairement différentes phases d'évolution de la tourbière, de l'aulnaie tourbeuse au stade ultime d'évolution actuelle, la callunaie.

La reprise de l'accumulation tourbeuse qui suit le hiatus est datée du début du Néolithique moyen I (soit environ autour de 4500 cal BC). Si la représentation pollinique du couvert forestier est encore largement dominante, quelques indices ténus de la présence de cultures sont déjà enregistrés (ZPL 3). Deux épisodes majeurs d'ouverture de la forêt et d'augmentation spectaculaire des graminées sauvages interviennent ensuite au cours de la seconde moitié du Néolithique Moyen (de 4000 à 3200 cal BC). Alors que les indices polliniques d'anthropisation restent très rares, ces transformations du couvert végétal sont associées à l'apparition et à la présence régulière de *Cercophora*, champignon fimicole et coprophile, qui peut être le témoignage d'une fréquentation pastorale de tourbière (ZPL 4). Malgré tout, l'importance de l'ouverture du milieu, avec un pourcentage du total des taxons arboréens le plus bas de tout l'Holocène (45% à 268 cm de profondeur), reste difficile à expliquer au vu du reste de l'enregistrement pollinique et non pollinique.

Au Néolithique récent, et dans la première partie du Néolithique final, alors que la présence des ascospores de champignons coprophiles perdure, les indices polliniques d'anthropisation deviennent plus nombreux et constants, et la représentation pollinique de la forêt beaucoup plus instable (ZPL 5a). Ces différentes phases d'anthropisation dont l'intensité augmente du début du Néolithique Moyen jusqu'au Néolithique Final, montrent aussi une alternance d'indices d'activités agricoles, puis pastorales et enfin une combinaison des deux. Ces activités agro-pastorales peuvent être mises en relation avec le site archéologique localisé à proximité de la tourbière, sur l'île actuelle du lac des Settons, un des rares sites d'habitat identifiés à ce jour dans le Morvan. Malheureusement, les données archéologiques relativement anciennes et issues de trouvailles de surface ne permettent pas d'avoir une chronologie précise de l'occupation de ce site (Bigeard 1996, Péquignot *et al.* 2001). Toutefois, située à 3 kilomètres à vol d'oiseau, la tourbière pouvait appartenir au terroir exploité par les différents groupes humains qui l'ont occupé.

Couvrant la fin du Néolithique et l'ensemble du Bronze ancien, la phase suivante montre à nouveau les signes d'une pression pastorale sur la tourbière (ZPL 5b). En revanche, les indices polliniques d'anthropisation diminuent fortement avec une disparition quasiment complète du pollen de céréale. C'est aussi au cours de cette période que le hêtre connait sa véritable expansion, à partir d'environ 4750 cal BP (voir chap. 3.2.4.).

Après une courte phase d'intensification de la pression agro-pastorale à la fin du Bronze ancien (CG6a), l'enregistrement de l'histoire du couvert végétal au Bronze moyen et dans la première partie du Bronze final (de 1650 à 1000 environ cal BC), montre une importante fermeture du milieu autour de la tourbière, marquée non seulement par l'augmentation spectaculaire de la courbe des arbres (et notamment du hêtre), mais aussi par la disparition d'autres herbacées comme le mélampyre. La fermeture du milieu est aussi corrélée à un changement net des conditions écologiques sur la zone humide. Les données polliniques et non-polliniques montrent pour cette période une formation tourbeuse initiale (*Scheuchzerietalia*), en contexte très humide et plutôt oligotrophe. D'un point de vue sédimentaire, cette phase correspond aussi à une portion bien individualisée de la stratigraphie, composée de tourbe brune homogène (fig. 2.19.), Cette phase de baisse dans l'impact des activités humaines et d'augmentation dans l'hygrométrie de la tourbière est centrée sur la période qui correspond à l'âge du Bronze moyen, comprise entre 1650 et 1350 cal BC, et qui est caractérisée par une péjoration climatique dont la temporalité et

l'effet sur les fluctuations des lacs alpins et jurassiens sont maintenant extrêmement bien documentés (Gauthier et Richard 2008, Gauthier et Richard 2009, Magny 2004, Magny *et al.* 2007, Richard et Gauthier 2007 ). La hausse des niveaux de lacs et l'augmentation de l'humidité en général a conduit à un abandon des habitats lacustres dans les Alpes et le Jura et on peut envisager, pour cette zone du Morvan, une baisse de fréquentation de la tourbière et de son environnement immédiat pour exploiter des zones plus « sèches » du territoire (voir aussi chap. 3.2.4).

Des indices de défrichements touchant particulièrement le hêtre, et une augmentation des céréales et des plantes apophytes, interviennent de la seconde moitié de l'âge du Bronze final jusqu'au début de l'âge du Fer (autour de 850 cal BC). On observe ensuite une remontée importante des taux de pollen de hêtre, et ce sont alors plutôt des indices de déprise agro-pastorale qui caractérisent la période du premier âge du Fer et le début du second âge du Fer.

Une phase de déforestation illustrée par une chute de la représentation du hêtre débute probablement à la fin de La Tène (I$^{er}$ siècle avant notre ère) (ZPL CG6e). Même si les IPA sont en augmentation au même moment, l'ampleur des défrichements observés à Champ Gazon, nous incite à considérer qu'ils ne sont pas seulement à but agro-pastoraux, mais ont aussi pour origine la fourniture de combustible pour des activités artisanales et/ou paléoindustrielles comme les activités minières et/ou métallurgiques. Cette phase ne semble pas beaucoup se prolonger au-delà du haut Empire (II$^{e}$ siècle de notre ère). Elle est suivie d'une période durant laquelle la hêtraie se reconstitue et où la tourbière n'a pas enregistré de marqueurs d'activités agro-pastorales (ZPL 6e, seconde moitié). Elle peut être attribuée à la fin de l'époque romaine et peut-être au début du Moyen Âge.

La datation précise des événements devient dès lors plus délicate car la tourbière a enregistré sur les 30 centimètres supérieurs l'histoire du couvert végétal du Moyen Âge à nos jours, ce qui implique donc un moindre niveau de précision de l'enregistrement que celui qui concerne les périodes pré- et protohistoriques et l'époque gallo-romaine. Le ralentissement de la turbification ne permet malheureusement d'appréhender l'histoire des deux derniers millénaires que de façon beaucoup plus globale. Localement, la tourbière continue son évolution vers un assèchement, provoquant le développement d'une callunaie dans laquelle le bouleau croît progressivement : c'est l'installation du couvert végétal aujourd'hui dominant sur la tourbière. La chute des taux de hêtre est le témoignage de l'exploitation de la forêt environnante pour les activités agro-pas-

torales et/ou paléoindustrielles des sociétés médiévales, modernes et contemporaines, auxquelles viennent s'ajouter l'exploitation de la hêtraie pour le chauffage de Paris à partir de la fin du XVI$^{e}$ siècle. Si les indices polliniques d'anthropisation sont alors constants et que les plantes cultivées sont variées, l'impact enregistré reste toujours modeste, avec à peine plus de 3% de la somme pollinique globale pour l'ensemble des plantes cultivées au plus fort de l'anthropisation (échantillon -20). De même, la représentation du couvert forestier ne baisse jamais en dessous de 70% et l'enregistrement pollinique de la tourbière de Champ-Gazon offre l'image d'une hêtraie-chênaie proche moins dégradée que celle fournie par les autres sites analysés dans la montagne morvandelle.

## 2.2.4. Tourbière de Nataloup

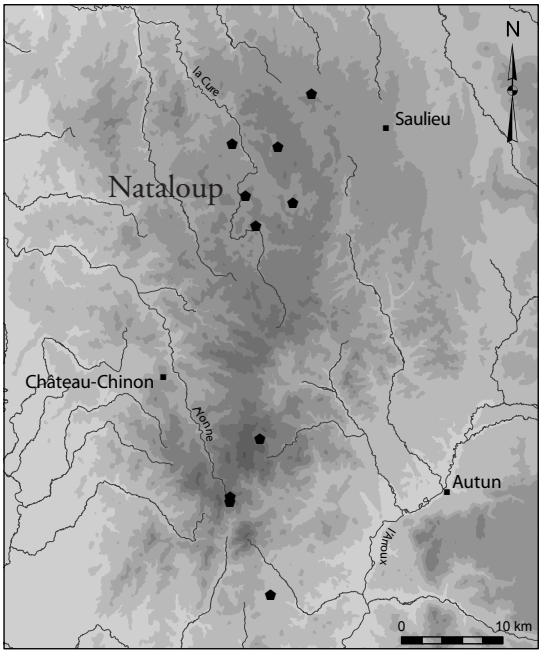
*Montsauche-les-Settons, Nièvre*

Forage : octobre 2005

Coordonnées géographiques :47°13’39» N

04°02’07» E

Altitude : 515 m




La tourbière Nataloup est située sur la commune de Montsauche-les-Settons dans le Morvan central, ou Morvan des collines. Au nord de l’agglomération de Montsauche, entre les bourgs de Palmaroux et Nataloup, la Cure s’écoule en larges méandres, occupant un vaste fond de vallée. Dans ce site classé d’intérêt écologique majeur (Collectif 2007), différents milieux sont recensés : groupements végétaux aquatiques de la rivière, bois tourbeux, prairies marécageuses à paratourbeuses et tourbières. Les sondages effectués en octobre 2003 dans le cadre du stage de Master 2 Archéosciences ont été réalisés en bordure d’un petit thalweg sur la rive ouest de la Cure, dans une boulaie à sphaignes située au sud du bourg de Nataloup. Ils ont permis de détecter des profondeurs de remplissage supérieures à 2 mètres. La boulaie tourbeuse et la prairie qui l’entoure sont régulièrement fauchées et pâturées (information recueillie auprès du propriétaire et exploitant du terrain), une exploitation pastorale qui a provoqué une minéralisation des niveaux supérieurs de la tourbe, rendant le forage manuel difficile. Ce constat a motivé un second carottage mécanique, réalisé en octobre 2005 avec la foreuse (APAGEO) du laboratoire Chrono-environnement, dans le cadre de l’ACI TEPANEO. Il a permis l’obtention d’une carotte de 2 mètres, sur laquelle alternent tourbes, argiles, silts et des passées sableuses. Le substrat de cette série sédimentaire a pu être observé grâce à un test effectué à la tarière pédologique : il se compose de sables et de graviers alluviaux grossiers.

**La séquence sédimentaire**

**Tableau 2.15.** Datations radiocarbone par AMS

| Profondeurs (cm) | Matériel | Code lab. | Âge $^{14}$C BP | Dates calibrées BC-AD (2 sigma) |
|---|---|---|---|---|
| 64-65 | macro-restes | Poz-18739 | 1680 ± 30 | [250-430] cal AD |
| 85-86 | micro-charbon | Poz-18647 | 2405 ± 35 | [750-390] cal BC |
| 114-115 | micro-charbon | Poz-18648 | 3830 ± 35 | [2460-2140] cal BC |
| 134-135 | macro-restes | Poz-24016 | 4130 ± 35 | [2880-2580] cal BC |
| 146-147 | micro-charbon | Poz-23970 | 9340 ± 50 | [8760-8450] cal BC |

Datations réalisées au Poznan Radiocarbon laboratory - Pologne (Poz) et calibrées avec Oxcal v3.10 (Bronk Ramsey 2005, Reimer 2004)

Cinq datations radiocarbone par AMS ont été réalisées sur la séquence, plutôt localisées dans la partie centrale de la carotte. En l'absence de dates sur les niveaux les plus profonds, ce sont les assemblages polliniques qui permettent d'attribuer les 50 premiers centimètres du remplissage à la période Tardiglaciaire. Deux hiatus viennent ensuite perturber la portion de carotte comprise entre 150 et 135 cm (fig. 2.21. et 2.23.). Le premier affecte le début de l'Holocène et occulte le Préboréal. Une première date, à la profondeur -146/147 : [8760-8450] cal BC (autour de 10500 cal BP), permet de situer les quelques centimètres de sédiments compris entre les deux hiatus, à la fin du Préboréal et au début du Boréal. On observe ensuite un second hiatus important et la date de [2880-2580] cal BC, située à 134/135 cm de profondeur, montre une reprise de la sédimentation dans la première partie du Subboréal (fin du Néolithique). Pour la partie supérieure, l'accumulation sédimentaire est continue et quatre dates $^{14}$C ont pu être utilisées pour élaborer un modèle âge/profondeur de type *GAM's model* (fig. 2.21.).

La séquence de Nataloup a fait l'objet d'analyses supplémentaires réalisées par d'autres spécialistes, sous la direction de B. Vannière (CNRS), dans le cadre de l'ACI TEPANEO. Tout d'abord, les carottes ont été analysées au moyen d'un banc de mesure géophysique type «logger» multiparamètres (SEDILOG - MSCL GEOTEK ; analyses effectuées par Agnès Stock, CNRS et B. Vannière) (Vannière *et al.* 2007). Les tronçons des carottes sont passés un à un sur un banc afin que les divers capteurs mesurent les paramètres souhaités. Deux paramètres ont été mesurés : la susceptibilité magnétique, qui représente la proportion de matériel allochtone dans la sédimentation (voir chap. 1.3.4.1.) et la densité par absorption des rayons gamma (g/cm3), qui

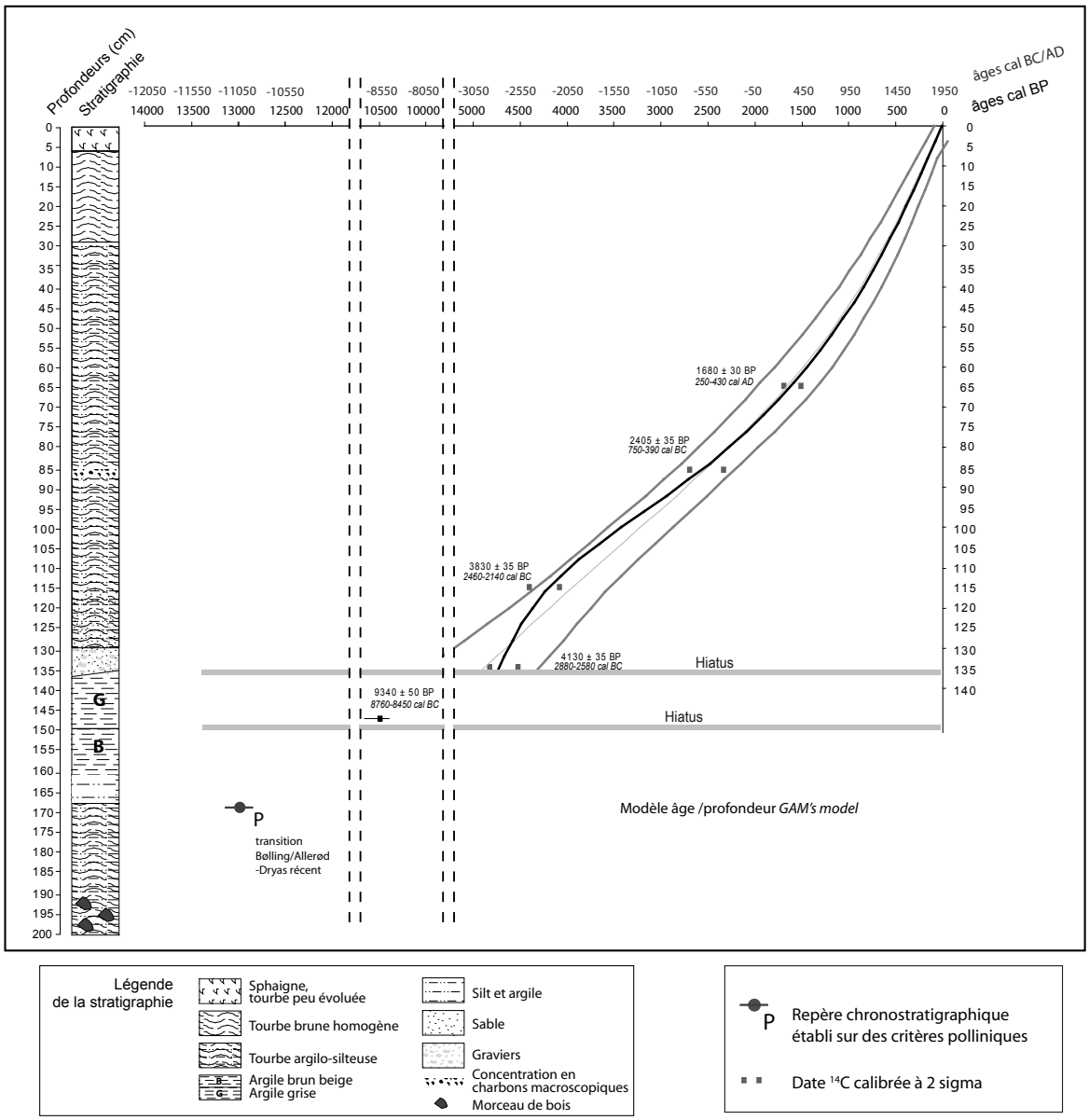



**Fig. 2.21.** Tourbière de Nataloup
- Stratigraphie de la carotte maîtresse et modèle âge/profondeur

traduit la proportion de matière organique (Vannière *et al.* 2008). Les mesures ont été prises tous les 5mm. Ces paramètres de caractérisation physique des sédiments permettent, sans destruction de matériel et de manière rapide et peu coûteuse, de corréler entre elles les différentes sections de carottage pour établir une séquence complète sans lacune (séquence maîtresse ou *master core*). L'analyse sédimentaire effectuée sur la séquence de Nataloup a permis l'élaboration d'une séquence maîtresse, réalisée à partir des forages jumeaux F1 et F2, décalés en profondeur de 50 cm. Un seul de ces paramètres, **la susceptibilité magnétique**, sera exploité ici, afin d'affiner l'analyse sédimentaire de la carotte. La courbe reproduite sur la figure 2.22 montre des valeurs qui varient

entre 3,5 et 9. De façon schématique plusieurs ensembles se détachent, individualisant 5 zones. Les zones 1 et 4 montrent des valeurs qui oscillent entre de 3,5 et 4,5. Elles correspondent à un remplissage sédimentaire tourbeux, mais comprenant aussi des particules argileuses et silteuses. Les valeurs des échantillons des zones 2, 4 et 6 sont situées entre 5 et 6. Ils correspondent à des types de sédiments plus différenciés : la zone 2 correspondant à l'évolution de dépôts de tourbes argilo-silteuses, vers des dépôts beaucoup moins organiques, la zone 4 aussi est caractérisée par de la tourbe très mêlée à de l'argile et des silts mais où sont aussi présents du sable et des graviers, enfin, la dernière zone (6), correspond aux niveaux supérieurs de la tourbière, une tourbe peu décomposée mais minéralisée. C'est probablement cet aspect de tourbe minéralisée qui représente le point commun des trois zones. Enfin, la zone 3 présente un aspect beaucoup moins lissé, marquée par les alternances sédimentaires franches qui caractérisent les niveaux qui encadrent les deux hiatus.

**L'analyse du signal incendie** des niveaux compris entre -40 et -155 a été assurée par Damien Rius (doctorant UMR 6249), selon le protocole suivant (d'après Rhodes 1997, Rius *et al.* 2007)) :

- le sédiment a été échantillonné en continu tous les centimètres par prélèvement d'1$cm^3$ ;

- les échantillons ont été traités 24 heures à la soude (NaOH 10%), puis 24 heures à l'eau oxygénée ($H_2O_2$ 30%) afin d'éliminer tout élément organique non carbonisé ;

- le résidu a été tamisé à 150 µm (Vannière *et al.* 2008) puis compté à la loupe binoculaire, avec un grossissement maximum de 100 fois, selon la méthode d'estimation des surfaces qui consiste à ramener chaque particule à la taille d'une surface élémentaire préalablement définie (0,0625mm2) ;

- les résultats sont exprimés en taux d'accumulation (mm2/cm2/an) pour tenir compte des variations du taux de sédimentation.

Le but est de reconstituer l'activité des feux à l'échelle locale (Whitlock et Larsen 2001). Sur la séquence de Nataloup, les caractéristiques morphologiques des particules carbonisées, ainsi que la courbe d'influx en macro-charbons ont montré le caractère micro-local de l'enregistrement. Sur l'ensemble de la section analysée (fig. 2.22.), on note tout d'abord deux petits pics localisés aux profondeurs -137 et -147, qui peuvent traduire soit l'existence d'événements de feux ponctuels, soit la représentation d'artefacts de quantification (modification du taux de

sédimentation) ou de sédimentation (hiatus). Ensuite, deux pics isolés de très forte amplitude situés respectivements à 87 et 65 centimètres de profondeur, constituent les points d'orgue d'une seconde phase de feu située entre -90 et -40 cm (d'après D. Rius dans : Jouffroy-Bapicot *et al.* 2007). Actuellement seule cette portion de la séquence, qui encadre le créneau temporel envisagé dans le cadre de l'ACI (soit Néolithique et âge du Bronze), a fait l'objet d'une reconstitution du signal incendie. Toutefois, l'analyse semi-quantitative des micro-charbons sur lames polliniques a été réalisée sur l'ensemble des niveaux analysés.

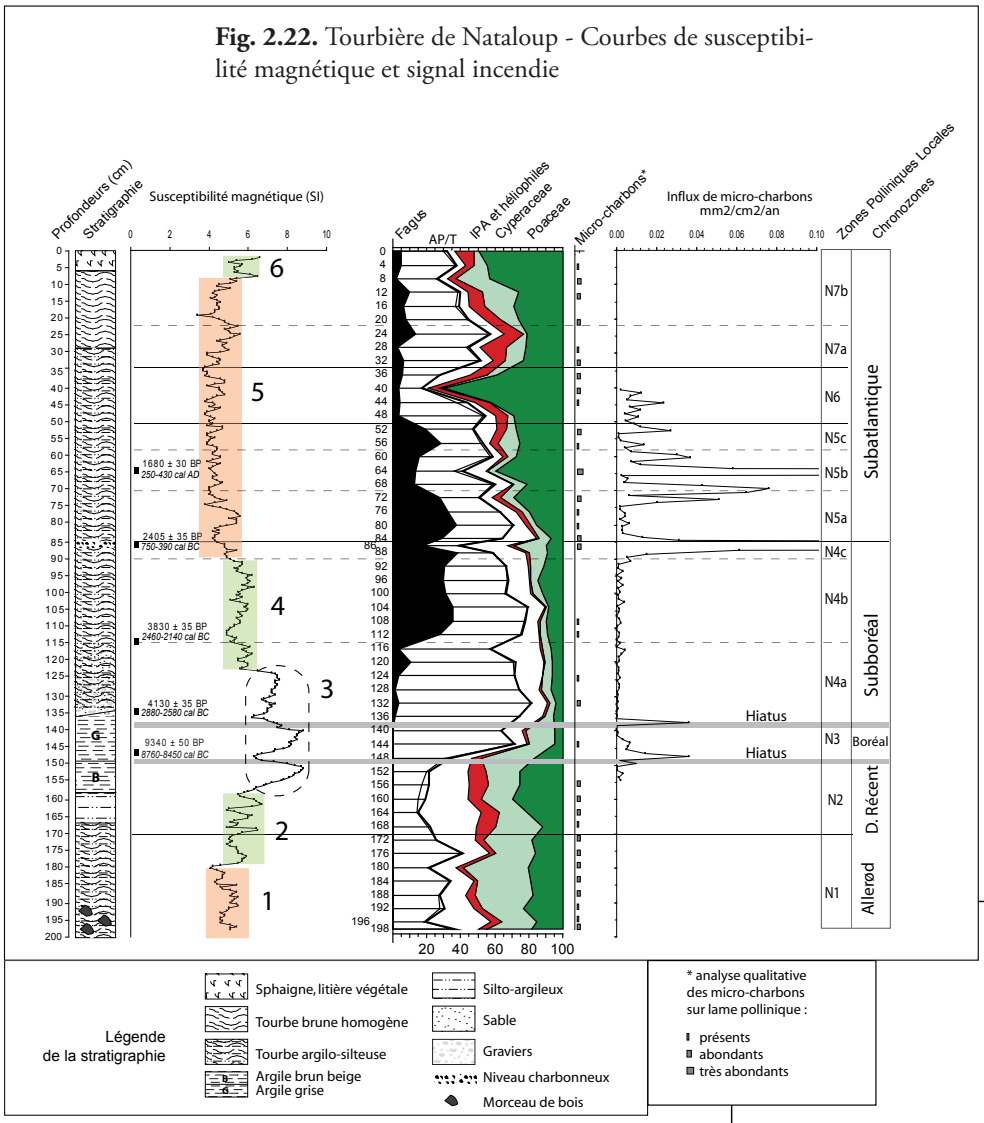



**Fig. 2.22.** Tourbière de Nataloup - Courbes de susceptibilité magnétique et signal incendie

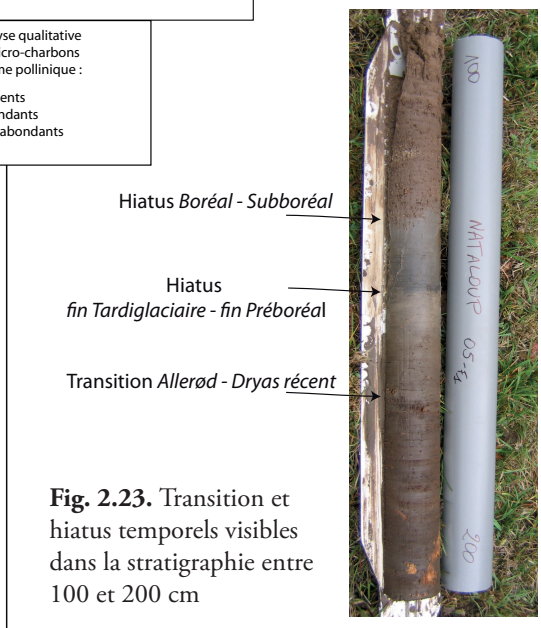



**Fig. 2.23.** Transition et hiatus temporels visibles dans la stratigraphie entre 100 et 200 cm

| ZPL | Prof. cm | Strate arboréenne | Strate herbacée | Microfossiles Non-Polliniques |
|---|---|---|---|---|
| **Nat 7b** | 19 | - baisse régulière des arbres et arbustes<br>- chute importante de *Betula*, *Corylus* et dans une moindre mesure de *Salix*<br>- relative stabilité de *Quercus* et *Fagus*<br>- augmentation de la représentation de *Carpinus*, *Castanea*, *Juglans* et *Frangula alnus*<br>- réapparition et augmentation régulière de la courbe de *Pinus* | - augmentation régulière des Poaceae, ainsi que des Cyperaceae, sauf pour le spectre de surface<br>- baisse progressive de *Cerealia*-type, *Secale* et *Cannabis*-type ; une occurrence de *Fagopyrum*<br>- bonne représentation constante des rudérales, *Plantago lanceolata*, Urticaceae, *Rumex* et de prairiales telles les Cichorioideae | - réapparition des zygospores d'algues : T130, T61 et T62<br>- présence de T1 et 2 au niveau -20<br>- bonne représentation du T18<br>- augmentation de la diversité et du nombre de coprophiles : T55a, T112a, T113 et T368 |
| **Nat 7a** | 33 | - augmentation importante des taux de taxons arboréens, tout d'abord, *Quercus* et *Carpinus*, suivis de *Salix*, *Alnus* et dans une moindre mesure *Fagus*<br>- très forte progression de *Betula*<br>- quelques occurrences de *Castanea* | - stabilité de la courbe de Poaceae autour de 20% et petit pic de Cyperaceae en milieu de zone<br>- présence régulière des taxons cultivés et des apophytes qui atteignent leur représentation maximum ici<br>- chute du taux de *Spagnum* | - pic de T18 et de T126 en milieu de zone<br>- présence décroissante de T16<br>- occurrences régulières de T8<br>- baisse de la variété des coprophiles, T55a et T112a subsistent en début de zone |
| **Nat 6** | 49 | - chute drastique de *Fagus* et de *Salix*<br>- chute plus ponctuelle des courbes de *Quercus* et de *Carpinus*<br>- pic de *Frangula alnus*<br>- occurrences de *Juglans* | - pic spectaculaire des Poaceae (presque 80% au niveau -40), et puis chute drastique de la courbe<br>- bonne représentation de plantes cultivées, des apophytes et même des messicoles au niveau -36<br>- pic de *Potentilla*-type et de *Sphagnum* en fin de zone | - quelques occurrences de T130, T61 et présence discrète mais régulière de T28<br>- abondance et variété des ascospores telles, T16, T44 et T18, et notamment des coprophiles ; pic de T3B et T169 (entre autres) au dernier niveau -36 |
| **Nat 5c** | 57 | - augmentation des taux de *Fagus* et de *Salix*<br>- stabilité de *Quercus* et *Carpinus*<br>- chute importante des courbes de *Corylus*, *Alnus* et *Betula* | - stabilité des taux de Poaceae autour de 25%<br>- petit pic de Cyperaceae<br>- apparition de *Secale* puis de *Cannabis-type* et augmentation de *Plantago lanceolata* et de *Rumex*<br>- pic de *Sphagnum* | - augmentation et diversification notable des ascospores<br>- présence continue de T44<br>- nombreuses occurrences de T18<br>- diversité des coprophiles, présence discrète de T55a, T112a surtout au niveau -56, et T3b qui augmente en fin de zone |
| **Nat 5b** | 69 | - chute franche de la courbe de *Fagus* qui se stabilise autour de 10 %<br>- instabilité des courbes de *Betula*, *Corylus*, *Alnus* et *Carpinus* qui sont en forte augmentation en début et en fin de zone, mais chutent tous brutalement au niveau -64<br>- pic de *Frangula alnus* et de *Salix* | - augmentation notable de Poaceae<br>- baisse générale des IPA, avec reprise d'importance en fin de zone<br>- pic de *Filipendula*<br>- augmentation de *Sphagnum* et baisse des spores monolètes | |
| **Nat 5a** | 85 | - augmentation importante de *Fagus* en début de zone, puis très léger déclin<br>- pic de *Corylus* en début de zone<br>- augmentation du taux de *Betula*<br>- forte chute d'*Alnus* en début de zone<br>- apparition de *Carpinus* en fin de zone | - forte augmentation de la courbe des Poaceae<br>- hausse de la représentation de *Cerealia*-type et de *Plantagao lanceolata* et diversité des apophytes<br>- chute régulière des Ranunculaceae<br>- diminution des spores monolètes, en cours de zone | - réapparition de T18 et de MNP indéterminés, de façon discrète mais régulière |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Nat 4c** | 89 | - zone marquée par la chute brutale de *Quercus*, *Corylus* puis *Fagus*<br>- pic concomitant d'*Alnus* | - légère chute des Poaceae<br>- pics des Cyperaceae, Ranunculaceae, Apiaceae et de *Plantago lanceolata*, associés à la présence de *Cerealia*-type | - très faible présence des MNP |
| **Nat 4b** | 113 | - augmentation spectaculaire de *Fagus*<br>- constance des courbes de *Quercus* et *Corylus*<br>- légères baisses de *Fraxinus* et *Tilia*<br>- occurrences systématiques d'*Abies*<br>- baisse durable du taux d'*Alnus* | - augmentation discrète mais régulière des Poaceae<br>- chute importante des Cyperaceae en début de zone, mais nouvelle en augmentation dans la seconde partie<br>- importante chute de *Filipendula* et augmentation concomitante des Ranunculaceae | |
| **Nat 4a** | 137 | - total qui atteint 80 %<br>- prédominance de *Corylus* en début de zone, qui va chuter rapidement<br>- relative stabilité de *Quercus* (autour de 20%) et de *Tilia* (5%)<br>- *Ulmus* tend à disparaître, *Fraxinus* prend de l'importance<br>- *Fagus*, augmente légèrement en fin de zone, une chute ponctuelle en -116<br>- domination et augmentation d'*Alnus* | - faible représentation des Cyperaceae et taux relativement continu de Poaceae autour de 5%<br>- augmentation régulière de *Filipendula* et pic au niveau -116<br>- apparition d'une courbe continue de *Melampyrum*<br>- première occurrence de *Cerealia*-type et occurrences régulières d'IPA, notamment de *Plantago lanceolata*<br>- importance et augmentation des spores monolètes | - augmentation notable des restes d'ascomycètes indéterminés<br>- présence marquée des ascospores, notamment T44, dans une moindre mesure T16a et plus tardivement T1<br>- présence sporadique de quelques coprophiles : T55a, T112c, T172 et T169 en second partie de la zone |
| **Nat 3** | 149 | - augmentation drastique de la représentation du couvert forestier, avec principalement *Pinus* et *Corylus*<br>- apparition d'*Ulmus*<br>- chute des courbes de *Juniperus* et *Salix* | - chute des taxons herbacés qui affecte plus les Poaceae que les Cyperaceae<br>- baisse générale de l'ensemble des taxons, à l'exception de *Filipendula*, et perte de diversité | - disparition quasi-totale des MNFP ; aucune ascospore, seules quelques occurrences de microorganismes aquatiques comme T128 et T225 |
| **Nat 2** | 169 | - chute de la courbe de *Pinus*, suivie de celle de *Betula* en milieu de zone ; celle de *Salix* reste constante<br>- *Juniperus* prend de l'importance | - augmentation notable des herbacées en nombre (+ de 80 %) et en diversité<br>- augmentation des Poaceae et des héliophiles, notamment *Artemisia*<br>- sont aussi bien représentées : les Apiaceae, Asteroideae et Brassicacea<br>- présence d'*Equisetum* avec un pic important en début de zone | - augmentation de T130 et baisse importante de T62, apparition de T128<br>- présence d'ascospores seulement en début de zone : T126, 200 et 55a |
| **Nat 1** | 198 | - total qui oscille entre 20 et 40 %<br>- prédominance de *Pinus*, accompagné de *Betula* entre 5 et 10 %* et dans de moindre proportion de *Salix*, et *Juniperus*<br>- occurrences régulières d'*Hippophae* | - domination de la strate herbacée<br>- légère prédominance des Cyperaceae sur les Poaceae<br>- bonne représentation de *Filipendula*<br>- présence constante mais discrète des héliophiles<br>- important pic d'*Equisetum* en début de zone | - importance de T130 dans le niveau le plus profond, et présence constante des Zygnemataceae, principalement T61<br>- occurrences régulières de T16 et plus encore de T126<br>- abondance de T200 et présence de T55a |

* taux de *Betula* lorsqu'il est inclus dans la somme pollinique.

**Tableau 2.16.** Description du diagramme pollinique, Zones Polliniques Locales (ZPL), et du diagramme des Microfossilles Non Polliniques (MNP) (sens de lecture : de bas en haut). Diagrammes A.16. et A.17.

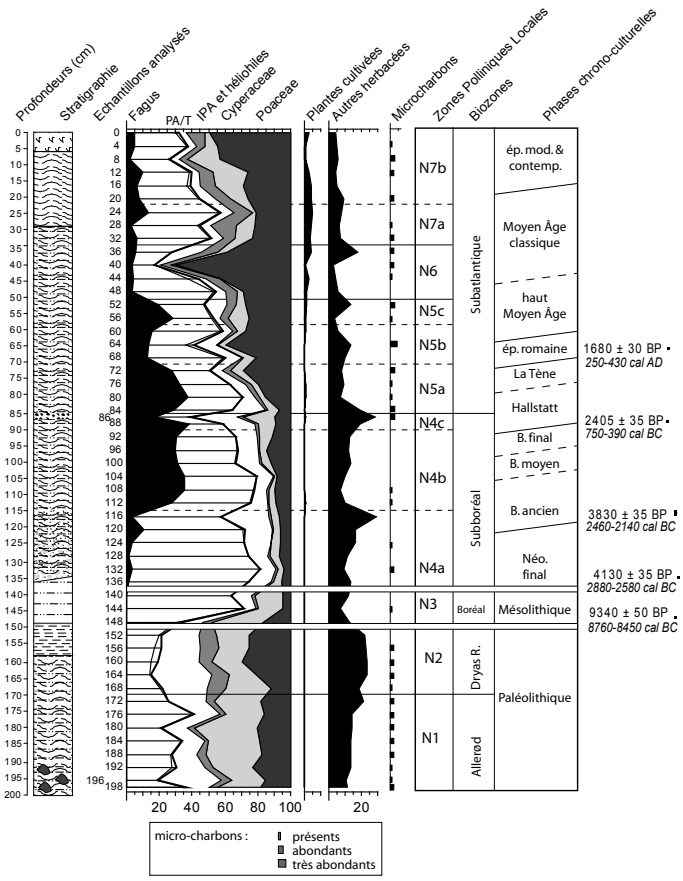



**Fig. 2.24.** Tourbière de Nataloup - Diagramme simplifié

## Commentaire

Analyse des fig. A.16., A.17. voir aussi fig. 2.24.)

### ZPL N1

Les spectres polliniques de la zone 1 sont caractéristiques du Tardiglaciaire, avec une strate herbacée développée et l'absence de taxons arboréens, hormis le pin (*Pinus*), le bouleau (*Betula*) et le saule (*Salix*). La relative faiblesse des taux d'herbacées hélophiles, associée à des taux non négligeables de pin (*Pinus*), entre 20 et 35%, évoque la chronozone de l'Allerød (Richard 1999). La bonne représentation de la strate arbustive constituée de genévrier (*Juniperus*) et d'argousier (*Hippophae*) va dans le même sens. Localement, un niveau d'eau important est illustré par la présence du trèfle d'eau (*Menyanthes trifoliata*) et des myriophylles (*Myriophyllum*), ainsi que des zygospores d'algues vertes d'eau douce, particulièrement des Zygnematacées, telles que *Sypirogyra* (T130), ou *Mougeotia* (T61), et d'autres encore dont le genre n'a pu être déterminé (T62). Toutefois, l'existence de phases d'assèchements temporaires est évoquée par la présence importante du type 200 qui croit préférentiellement sur des débris végétaux secs (van Geel 1998). La présence d'une mégaphorbiaie est attestée par la courbe constante de reine-des-prés (*Filipendula*), et dans une moindre mesure celle des Apiacées. L'apparition de Sordariales (T55a) en cours de zone indique l'eutrophisation du milieu de dépôt.

### ZPL N2

Si au cours de cette zone, le saule et le genévrier, connaissent une légère hausse, la chute des taux de pin est manifeste. Elle est associée à une augmentation importante du taux des herbacées

et de leur diversité. On note une hausse des steppiques, comme l'armoise (*Artemisia*), les oseilles (*Rumex*), les hélianthèmes (*Helianthemum*), le pigamon (*Thalictrum*). Cette modification du couvert végétal, où les espèces de la steppe froide reprennent l'ascendant sur la forêt de pin, est ici très probablement à mettre en relation avec le refroidissement climatique du Dryas récent. L'augmentation de la prêle (*Equisetum*), ainsi que la disparition des myriophylles amorcée en fin de zone précédente, évoquent un changement hydrologique de la zone humide. Celle-ci garde toutefois un caractère aquatique affirmé avec toujours une forte présence des algues vertes et l'apparition de Volvocacées (T128). La disparition des ascomycètes en cours de zone, et notamment de *Sordaria*, évoque un milieu de plus en plus méso- à oligotrophe, et la stratigraphie de la carotte montre une évolution progressive vers un remplissage moins organique, dominé par l'argile et les silts. Le caractère minéral du sédiment plus affirmé en fin de zone est aussi souligné par l'augmentation des valeurs de la courbe de susceptibilité magnétique (fig. N2).

**ZPL N3**

Exceptionnellement, nous avons choisi ici de ne pas respecter le découpage des zones polliniques locales proposé par le dendrogramme du logiciel TILIA, et nous avons inclu l'échantillon -148 dans cette zone pollinique locale 3 en nous basant sur des critères sédimentaires. Un hiatus d'au moins un millénaire sépare cette zone, qui est daté par le radiocarbone de la fin du Préboréal (10710-10400 cal BP, soit [8760-8450] cal BC), de la zone précédente. Un changement stratigraphique bien marqué sur la carotte à la fois par un changement sédimentaire visible, une augmentation des valeurs de susceptibilité magnétique, ainsi qu'un pic très localisé de la courbe du signal incendie (fig. 2.22.), nous amène à situer ce hiatus à 149 centimètres de profondeur. La courte zone N3, qui débute à la fin du Préboréal, comprend aussi le début du Boréal, avec une augmentation rapide du noisetier (*Corylus*) qui supplante le pin. Il est discrètement accompagné de chêne (*Quercus*) et d'orme (*Ulmus*).

**ZPL N4**

Un assez long hiatus temporel sépare à nouveau cette zone pollinique locale de la précédente. Une date, effectuée à 134,5 centimètres de profondeur, situe le début de la biozone 4 autour de 2880-2580 cal BC, soit au cours du Néolithique final. Entre 136/135 cm de profondeur et le -130 cm le remplissage sédimentaire de la séquence est composé d'argile organique avec de nombreux graviers, qui fait suite à un remplissage beaucoup plus fin d'argile grise. La sédimen-

tation et l'enregistrement pollinique évoquent l'existence d'un ou plusieurs épisodes érosifs qui ont occulté l'enregistrement relatif à la biozone de l'Atlantique. La reprise d'une sédimentation continue semble avoir eu lieu à partir d'une date située autour de 2800 cal BC. En ce qui concerne l'environnement végétal, bien que l'on se situe au début du Subboréal, la courbe du hêtre (*Fagus*) est encore très discrète, et les taxons de la chênaie mixte toujours bien représentés. Le noisetier, qui domine en début de zone, va décroître au rythme de l'augmentation spectaculaire de la courbe de l'aulne (*Alnus*). Ce phénomène laisse entrevoir l'installation d'une aulnaie dans ce secteur de la vallée de la Cure. Toutefois, plusieurs indices tendent à indiquer encore un certain degré d'ouverture au niveau de la zone humide : la part importante du pollen de reine-des-prés, la diversité générale du couvert herbacé, mais aussi la courbe continue bien que discrète du mélampyre (*Melampyrum*), ici probablement le mélampyre des prés qui est une plante de lisière (voir chap. 1.3.1.2.). Au sein de ce cortège herbacé, les indices d'une activité agro-pastorale apparaissent de façon ténue mais régulière. Les dates qui encadrent la zone ([2880-2580] cal BC pour l'échantillon -134,5 et [2460-2140] cal BC à -114 cm) montrent un enregistrement détaillé et bien daté du Néolithique final. C'est la partie de la sédimentation de la séquence qui est la plus dilatée avec une résolution d'environ 20 ans par centimètre.

La phase 4b est marquée par l'augmentation significative de la courbe de pollen de hêtre. C'est aussi une période durant laquelle la diversité des arbustes représentés est la plus forte, sans pour autant que l'un d'entre eux ne soit dominant. Cette diversité est concomitante d'une chute importante et durable du taux d'aulne, même si la présence de pollen d'aulne reste importante. Ce n'est pas ici la baisse de présence du pollen d'aulne dans les comptages polliniques qui induit l'augmentation du pollen de hêtre, car les taux l'aulne ne sont pas inclus dans la somme pollinique totale. En revanche, les taxons de la chênaie mixte sont en très légère baisse, notamment le frêne ; et il faut noter la présence dans tous les échantillons analysés de la zone de grains de pollen de sapin (*Abies*), par ailleurs assez rare dans les autres spectres. Le pollen de reine-des-prés est moins bien représenté que dans la phase précédente, et c'est ici celui des Renonculacées qui est en constante augmentation, accompagné d'une assez grande variété de pantes évoquant les prairies humides : des Apiacées, des Caryophyllacées, de la valériane et de la lysimache (*Lysimachia*). La culture de céréales est régulièrement documentée au cours de la zone, sans que la courbe soit pourtant continue. Si le pollen de plantes apophytes est toujours présent régulièrement, la

courbe de plantain lancéolé s'interrompt en fin de zone. La très faible présence de microfossiles non-polliniques est ici remarquable, et plutôt difficile à interpréter… Enfin, la période concernée par cette phase correspond globalement à l'âge du Bronze. Si les indices de présence humaine sont réguliers, notamment de la culture de céréales, dans un milieu qui semble rester assez ouvert localement, on note l'absence d'événements ayant particulièrement affecté la hêtraie-chênaie environnante.

La courte zone 4c, qui compte seulement 2 échantillons, correspond à un événement marqué dans la sédimentation par une importante couche de charbons de bois visibles tant à l'œil nu que sur les lames polliniques. L'analyse du signal incendie décrite plus haut, montre que le pic de cet événement de feu est situé à 87 cm de profondeur. Il est corrélé à une chute importante des principaux taxons arboréens, tout d'abord le noisetier et le chêne et dans un second temps le hêtre. Dans le même temps, la courbe de l'aulne dessine un pic remarquable. Par ailleurs, cet événement de feu est aussi corrélé à un pic de céréales et d'apophytes, notamment de plantain lancéolé, ce qui nous permet ici d'identifier un feu anthropique lié, au moins en partie, à une mise en valeur agricole du secteur. La datation d'un macro-charbon situé à -86 cm, situe cette courte phase au tout début de l'âge du Fer, dans la première partie du Hallstatt. C'est une date qui est très cohérente avec le profil chrono-sédimentaire de la séquence et qui exclut donc la possibilité d'un charbon issu d'un apport remanié.

**ZPL N5**

Le début de la ZPL 5a, voit la reprise rapide du couvert forestier avec tout d'abord un pic de noisetier accompagné de bouleau, suivi de l'augmentation du taux de hêtre, puis de chêne. Bien que l'on se situe au début de la chronozone du Subbatlantique, le charme est remarquablement absent ; seuls quelques grains de pollen de cette essence ont pu être identifiés en fin de zone. L'augmentation rapide des taxons arboréens qui suit l'épisode de feu enregistré lors de la phase précédente ne reflète pas la tendance générale de la zone 5a. Au contraire, celle-ci enregistre une décroissance régulière du taux des taxons forestiers ; le hêtre notamment suit cette tendance. La chute de l'aulne est elle plus franche et plus rapide. Parallèlement, la représentation des graminées sauvages augmente considérablement. Ce milieu de plus en plus ouvert caractérise une période qui s'étend de la seconde partie du premier âge du Fer jusqu'au début de l'époque romaine. Les traces d'agriculture sont alors manifestes et en augmentation par rapport aux ZPL

précédentes, même si les plus forts taux de céréales concernent surtout le début de la zone 5a. Ces témoignages d'activités agricoles sont accompagnés d'occurrences de micro-charbons identifiés tant sur les lames polliniques que par l'étude du signal incendie. On peut alors envisager une certaine proximité de ces activités par rapport à la zone de dépôt, même si la présence de MNP reste relativement faible et peu diversifiée. Seul élément notable : les occurrences régulières du type 18 qui évoquent le retour de formations végétales à linaigrette engainée sur la tourbière.

La baisse des indices polliniques d'anthropisation se poursuit dans les premiers échantillons de la ZPL 5b, jusqu'à la disparition du pollen de céréales et de plantain lancéolé au niveau -64. La représentation du couvert forestier est caractérisée par un faible taux de hêtre, encore en baisse par rapport à la zone précédente, et une relative stabilité des taux de chêne et de frêne. En revanche, les arbres et arbustes pionniers sont tous en augmentation, à commencer par le noisetier, le bouleau et le saule. La bourdaine (*Frangula alnus*), connait aussi un développement notable. Au niveau du couvert herbacé, les Poacées gardent une très forte représentation et la reine-des-prés reprend de l'importance. Cette tendance générale est marquée par un événement ponctuel mais non moins marqué, enregistré à 64 cm de profondeur. Un événement de feu est clairement identifié tant sur les lames polliniques que par le biais de l'analyse spécifique du signal incendie. Il affecte la représentation de la strate arboréenne de façon tout à fait sélective. En effet, alors que les taxons de la hêtraie-chênaie gardent une grande stabilité, les courbes de l'aulne, du noisetier et du bouleau enregistrent une chute drastique. Cette observation plaide en la faveur d'un événement de feu très localisé, sur, ou à proximité immédiate de la tourbière ; la présence d'ascospores du champignon carbonicole *Gelinaspora* cf. *reticulispora* (T2) va dans le même sens. La représentation des MNP en général est considérablement accrue pour cette zone, notamment en ce qui concerne les ascospores. Les champignons coprophiles et fimicoles marquent fortement le début de la zone, avec un cortège varié de *Sordaria*, *Cercophora* (T112a), *Sporormiella* et *Coniochaeta* cf. *ligniaria* (T172). Et même s'ils sont absents du niveau d'incendie, on les retrouve pour la plupart d'entre eux en fin de zone. Une date radiocarbone réalisée sur un macro-charbon à -64cm de profondeur attribue cet événement de feu à la seconde partie de l'époque romaine, bas Empire ou Antiquité tardive.

La ZPL 5c, qui peut être attribuée au début du Moyen Âge (très probablement le haut Moyen Âge), voit la reprise des activités agricoles enregistrée en fin de zone précédente s'ac-

centuer nettement. De nouvelles cultures font leur apparition : le seigle (*Secale*), dès le premier niveau, suivi du chanvre (*Cannabis*-type). En ce qui concerne le couvert forestier, il est surtout affecté par une diminution de l'aulne et du noisetier. En revanche, la représentation de la hêtraie-chênaie est plus importante qu'en zone précédente, avec une courbe du chêne stable et une nette augmentation de celle du hêtre. Les ascospores de champignons coprophiles sont toujours présentes, avec notamment une abondance de *Cercophora* dans l'échantillon -56 qui évoque, pour cette période du début du haut Moyen Âge, une utilisation plutôt pastorale de ce secteur de la vallée de la Cure.

**ZPL N6**

Au cours de la ZPL N6 le couvert forestier est très affecté par les défrichements. Les taux de hêtre comme de chêne baissent de façon drastique et durable, le hêtre chutant en dessous de 5% ; la représentation de l'aulnaie continue à diminuer considérablement. En début de zone, le saule semble profiter de l'ouverture extrême du milieu, puis c'est au tour de la courbe de bouleau d'augmenter sensiblement. Concernant la strate herbacée, les plantes cultivées, les céréales -seigle y compris- et le chanvre sont constamment bien représentées ; les MNP coprophiles et fimicoles sont très diversifiés et en nombre important, on note même des occurrences régulières de *Podospora* (T368). Les taux de *Sordaria* montrent que nous sommes ici en présence de la phase la plus eutrophe qu'ait connue la tourbière depuis sa formation. Concernant la tourbière proprement dite, l'ouverture du milieu semble favoriser son activité, avec une représentation grandissante du T18 associé à la linaigrette engainée, mais aussi par l'augmentation importante des spores de sphaignes (*Sphagnum*). Toutefois, les variations de cette dernière sont très difficiles à interpréter en termes de présence de la bryophyte sur le lieu de dépôt. On ne peut ici trancher entre une plus grande présence de la plante, ou une production de spores favorisée par les conditions écologiques locales. Par ailleurs, la présence de matière organique en décomposition sur la tourbière est largement attestée par la présence de nombreuses ascospores, comme *Ustulina deusta* (T44) ou T16, parasites de bois pourri, ou encore les forts taux de *Pleospora* (T3B) liés à la décomposition de la cellulose. Si ces différents indicateurs tendent à témoigner de la proximité des activités humaines enregistrées, la faible représentation pollinique de la forêt ainsi que l'importance de la courbe de plantain lancéolé, donnent aussi une ampleur régionale à cette emprise agro-pastorale. La zone 6 est sans conteste celle qui montre la plus forte anthropisation du couvert végétal. La

proximité et la diversité des activités agropastorales y sont attestées par différents marqueurs. Malgré l'absence de date radiocarbone, mais à l'aide du modèle âge/profondeur, on peut avec vraisemblance situer cette période à fort impact anthropique au cours du Moyen-âge, recouvrant particulièrement le Moyen Âge central. Ce qui situerait autour du XII$^{e}$ siècle un troisième événement de feu enregistré à 40 cm de profondeur et marqué par la présence de micro-charbons sur la lame pollinique. Il est associé à la fois à un pic impressionnant de Poacées et à une chute de certains taxons arboréens comme le noisetier, le charme, le bouleau. Toutefois, l'interprétation d'un épisode local d'incendie est ici beaucoup plus incertaine car les niveaux supérieurs de la séquence n'ont pas fait l'objet d'une analyse spécifique du signal incendie.

**ZPL N7**

La dernière zone pollinique locale du diagramme, qui documente l'histoire de la végétation de la période moderne à contemporaine, se divise en deux parties. La première est caractérisée par une augmentation spectaculaire du bouleau, probablement le reflet du développement d'une boulaie sur la prairie tourbeuse, boulaie toujours présente dans le paysage actuel, mais très éclaircie. L'aulne et le saule reprennent aussi de l'importance, mais de façon beaucoup plus modeste. Parallèlement, si les taux de hêtre restent bas, surtout en début de zone, les autres taxons arboréens reprennent de l'importance, notamment le chêne, le noisetier et enfin le charme, dans une moindre mesure. On note aussi l'apparition tardive et discrète d'une courbe continue de châtaignier, qui ne connaîtra un réel développement qu'au cours de la ZPL 7b. Le noyer (*Juglans*) est alors aussi régulièrement présent. La seconde partie de cette dernière zone (ZPL 7b) voit le taux de bouleau chuter de façon très brutale. La même tendance est suivie par le noisetier et l'aulne. Cette transformation rapide de la végétation de l'environnement proche de la tourbière intervient autour du XVI$^{e}$ siècle, d'après le modèle âge-profondeur. Une augmentation de l'humidité est marquée par la présence de pollen de trèfle d'eau et de potamots (*Potamogeton*), des plantes aquatiques absentes des spectres tout au long de l'Holocène, ainsi que par les occurrences régulières dans les mêmes niveaux de spores d'algues vertes (*Spirogyra* et Zygnematacées). Les taux de hêtre restent bas, en dessous de 10%, tout au long de la ZPL 7. Bien que la représentation de la forêt augmente au détriment du taux des graminées sauvages (surtout en zone 7a), les indicateurs polliniques d'activités agro-pastorales restent au moins aussi importants que dans la zone précédente et ce, jusqu'aux niveaux de surface. L'augmentation sensible du taux des Cypéracées

au cours de la zone, est probablement liée en partie à l'importance du peuplement de linaigrette engainée sur la zone, si l'on en croit la forte représentation du T18, mais aussi à la présence de carex, indiquée par l'importante quantité de mycélium de *Clasterosporium caricinum* (T126), particulièrement dans les deniers échantillons de la ZPL 7a. La proportion des spores de sphaigne diminue franchement, bien que la présence de cette bryophyte soit attestée par les occurrences régulières d'ascospores de son parasite *Tilletia sphagni* (T27). On est ici en présence d'un impact anthropique sur le couvert végétal qui reste important tout au long des époques modernes et contemporaines, dans lequel les traces d'activités agro-pastorales restent très perceptibles, même si elles sont moins intenses et/ou peut-être moins proches que durant le Moyen Âge.

**Synthèse**

La tourbière de Nataloup offre la séquence la plus dilatée et la moins perturbée du massif du Morvan pour la période tardiglaciaire, avec une grande partie de l'Allerød et du Dryas récent sur les 50 centimètres les plus profonds de la carotte. Après le hiatus sédimentaire qui occulte l'enregistrement des débuts de l'Holocène jusqu'au début du Subboréal, le diagramme pollinique documente une histoire relativement détaillée de l'évolution de la végétation durant les cinq derniers millénaires. Une histoire de la dynamique végétale postglaciaire qui présente la particularité d'une installation tardive du charme, dont l'enregistrement ne commence réellement qu'autour du changement d'ère.

De façon régulière et ponctuelle, le couvert végétal est touché par les activités des communautés humaines de la fin du Néolithique et jusqu'à l'époque romaine. Deux événements, corrélés à des épisodes de feux, sont particulièrement bien individualisés : le premier au début du Hallstatt et le second au bas Empire.

L'événement de feu lié à la présence de céréales et de plantes rudérales au premier âge du Fer est particulièrement remarquable, pour une époque où les vestiges archéologiques sont quasiment inexistants sur le massif du Morvan. Afin d'appréhender plus finement les relations entre les événements observés : signal incendie, chute de certains arbres et augmentation de IPA, il faudrait maintenant procéder à une analyse pollinique à plus haute résolution, au moins centimétrique. Une étude qui serait d'autant plus intéressante que l'on se place ici dans une situation privilégiée d'un point de vue méthodologique, avec un pic de micro-charbons de forte ampleur

et très bien individualisé. La poursuite de l'analyse pollinique à haute résolution, permettrait aussi de déterminer s'il existe une corrélation entre le signal incendie et l'évolution de certains taxons (Colombaroli *et al.* 2008, Tinner *et al.* 2005, Vannière *et al.* 2008). Durant la phase centrée sur le second âge du Fer les indices d'agriculture s'intensifient, mais le signal incendie baisse d'intensité. L'époque romaine, une période pour laquelle les données archéologiques publiées, mentionnent uniquement la présence d'itinéraires antiques dans la zone proche de la tourbière (Bigeard 1996), voit alors des épisodes de feu importants contemporains tout d'abord de défrichements touchant des formations secondaires à noisetiers et bouleaux, et qui vont ensuite porter une atteinte forte à la hêtraie (transition N5a-5b). Les indices polliniques d'agriculture sont alors en très forte baisse, mais l'enregistrement des MNP nous laisse entrevoir une fréquentation humaine de la zone plutôt caractérisée par des pratiques pastorales. En revanche, le défrichement de la hêtraie serait plutôt à mettre en rapport avec d'autres objectifs que la conquête de terres agricoles, peut-être en partie pour des activités proto-industrielles, comme la paléométallurgie, largement consommatrices de bois.

Il faut ensuite noter une intensification de l'impact anthropique agro-pastoral dés le début du premier Moyen Âge (V^e^ siècle de notre ère). Cette période est marquée par le caractère désormais très homogène de la sédimentation, visible non seulement par l'observation de la carotte, mais encore par celle de la courbe de susceptibilité magnétique (fig. 2.22.). Après une histoire sédimentaire accidentée pour les périodes antérieures, il semble que l'on puisse attribuer cette nouvelle stabilité à la fixation des terroirs et la permanence de leur fréquentation du début du Moyen Âge jusqu'à la période contemporaine.

Au cours du Moyen Âge, aux alentours de l'an Mil, la hêtraie environnant la tourbière est durablement affectée. La part agropastorale de ces défrichements est clairement visible dans l'enregistrement pollinique et non-pollinique, et la chute drastique infligée à la représentation du couvert forestier est très probablement liée à l'occupation féodale attestée par des vestiges proches de la tourbière comme le moulin de Nataloup ou les châteaux du Meurot, de Nataloup ou de Palmaroux[6]. A partir du XVI^e^ siècle, comme partout sur le massif du Morvan, la part de l'utilisation de la forêt destinée au chauffage de Paris va grandir et dominer jusqu'au début du XX^e^ siècle. Localement, le développement d'une boulaie caractérise la période qui va de la fin

6 www.montsauche-les-settons.org/ consulté en juin 2009

du Moyen-âge jusqu'au XVI$^{e}$ siècle. L'origine de la formation puis de la disparition de la boulaie sur la tourbière de Nataloup peut être expliquée par une intervention humaine, qui aurait modifié le fonctionnement hydrologique du bassin versant (notamment par l'aménagement des cours d'eau du Morvan pour le flottage (Benoit *et al.* 2004, Vigreux 1994)), aussi bien que par des facteurs naturels. En effet, une évolution vers un assèchement de la zone humide peut être expliquée par les conditions climatiques favorables du Moyen Âge. Et à l'inverse, la péjoration du Petit Âge Glaciaire aurait provoqué une rapide remontée de la nappe d'eau, défavorable au bouleau. La confrontation avec les enregistrements des autres séquences, notamment celles du centre Morvan apporteront peut-être des éléments de réponse à cette question

Enfin, une particularité de cet enregistrement paléoenvironnemental est la pérennité des indices de fréquentation et d'utilisation pastorales du complexe tourbeux à paratourbeux de Nataloup, de l'époque romaine à nos jours, avec une persistance remarquable des marqueurs non polliniques dans cet intervalle chronologique.

## 2.2.5. Tourbière de l'étang de Bouquin

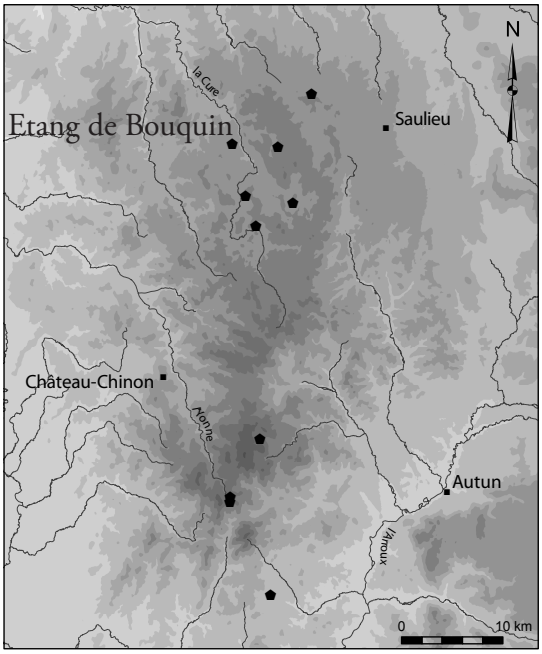
*Dun-les-Places (Nièvre)*

Forage : octobre 2003

Coordonnées géographiques :47° 16' 17" N

04° 01' 23" E

Altitude : 538 m




Localisée sur la commune de Dun-les-Places, en partie occidentale du Morvan central, la tourbière analysée ici appartient à un ensemble de formations végétales qui sont associées à l'étang de Bouquin. Cet ensemble, qui ne fait pas l'objet de protections particulières à ce jour, comprend également une aulnaie et une prairie paratourbeuse. La tourbière, située en bordure occidentale de l'étang, fait partie des trois sites qui ont été analysés par G. Lemée dans les années 50. La séquence d'1,60 m qu'il a analysée alors montrait un potentiel pour l'étude de l'histoire holocène de la végétation. Sur des critères d'assemblage pollinique et par comparaison avec les études réalisées par l'auteur en Limousin, celui-ci attribue le début de la séquence à la fin d'une phase qu'il caractérise par la prédominance de l'aulne, et à la présence du chêne et du tilleul, et que l'on peut attribuer à la fin de la biozone de l'Atlantique (Lemée 1951). L'auteur compare ensuite l'évolution de l'histoire forestière autour de la tourbière de Dun-les-Places à celle du Vernay, analysée à la même période (voir ci-dessus chap. 2.2.2.), avec « *le maintien de l'abondance de l'Aulne au cours de la phase du Hêtre, suivie d'une prédominance du Bouleau sur l'Aulne* », avec une « *proportion plus forte du Charme* ».

Plusieurs forages tests ont été effectués lors de la phase de terrain à la sonde pédologique et à la sonde russe en lisière de l'aulnaie jusque dans la tourbière, avec des distances plus ou moins grandes par rapport à l'eau libre. Les profondeurs rencontrées vont de 1 à 2 mètres de remplis-

sage avant de rencontrer l'arène granitique. Ici, contrairement à la stratégie suivie pour les autres tourbières morvandelles, on a choisi d'analyser la carotte la plus homogène plutôt que la séquence la plus longue. En effet, les forages dans les zones de remplissage les plus profondes, autour de 2 mètres, ont tous rencontré des passages dans la nappe d'eau sous-jacente. Une carotte d'1,40 mètre, prélevée à distance de la berge de l'étang à proximité de la lisière de l'aulnaie, fait l'objet de l'analyse dont les résultats sont présentés ci-dessous.

**La séquence sédimentaire**

**Tableau 2.17.** Datations radiocarbone AMS

| Profondeur (cm) | Matériel | Code lab. | Âge $^{14}$C BP | Dates calibrées BC-AD (2 sigma) |
|---|---|---|---|---|
| 38,5-39,5 | macrorestes | Poz-26573 | 210 ± 35 BP | 1640-1960 cal AD |
| 85-86 | macrorestes | Poz-26575 | 370 ± 35 BP | 1440-1640 cal AD |
| 121-122 | tourbe | Poz-26729 | 2040 ± 35 BP | 166 cal BC -50 cal AD |
| 127-128 | macrorestes | Poz-26601 | 1695 ± 30 BP | 260-420 cal AD |
| 136-137 | macrorestes | Poz-26602 | 2745 ± 30 BP | 915-810 cal BC |

Datations réalisées au Poznan Radiocarbon laboratory - Pologne (Poz) et calibrées avec Oxcal v3.10 (Bronk Ramsey 2005, Reimer 2004)

Les 15 premiers centimètres du remplissage sont formés d'argile tout d'abord gris-bleu, qui va s'enrichir en matière organique et dont la couleur va progressivement évoluer vers le brun foncé. A partir de 125 centimètres de profondeur, débute une accumulation de tourbe de moins en moins argileuse et plus évoluée en approchant de la surface. Sept datations radiocarbone ont été réalisées pour établir le cadre chronostratigraphique de l'enregistrement. Malheureusement les deux dates les plus profondes, effectuées sur des macro-restes végétaux triés dans la matrice argileuse, n'ont pu être utilisées à cet effet car beaucoup trop récentes par rapport aux spectres polliniques et aux autres datations (fig. 2.25.). Le passage entre l'argile du début et l'accumulation tourbeuse correspond manifestement à un hiatus sédimentaire. En l'absence de date utilisable pour le début de la stratigraphie, nous nous baserons sur des critères d'assemblage pollinique pour attribuer l'enregistrement des 15 premiers centimètres à la fin de la biozone de l'Atlantique ou au début de celle du Subboréal (présence d'occurrences régulières de hêtre dans des assemblages par ailleurs dominés par la chênaie mixte). La reprise de la sédimentation est datée de façon

plus précise par une date $^{14}C$ à 121/122 cm de profondeur, qui la situe autour du changement d'ère, entre la fin de l'âge du Fer et le début de l'époque romaine. Il n'y a pas d'autre hiatus perceptible dans le reste de la séquence, qui, d'après les deux autres dates $^{14}C$ utilisables, offre un enregistrement très dilaté des 5 derniers siècles de notre ère. Cette dilatation nous a incités à espacer la maille d'analyse à 8 cm sur les 60 centimètres supérieurs de la carotte.

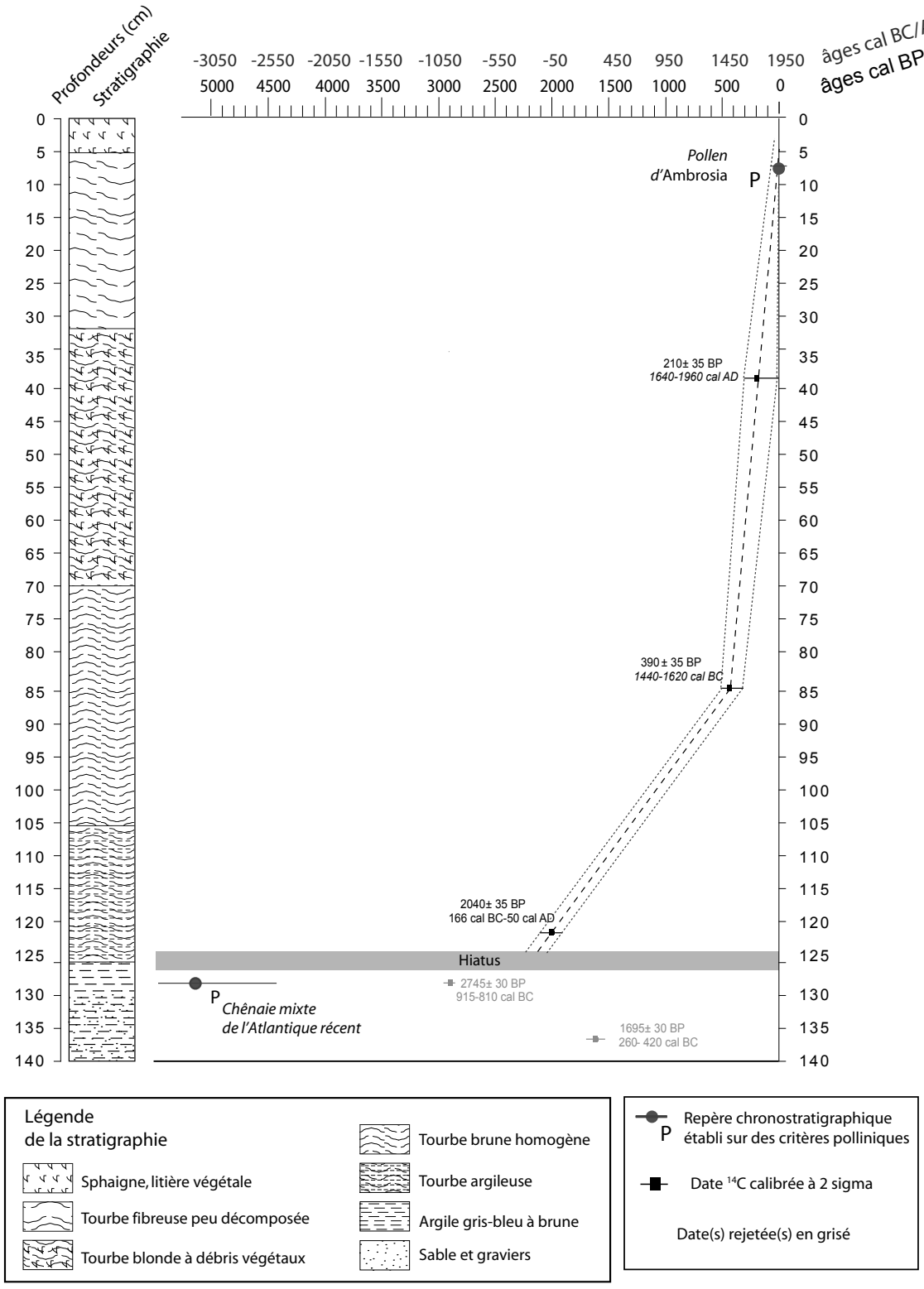



**Fig. 2.25.** Tourbière de l'étang de Bouquin - Stratigraphie de la carotte et modèle âge/profondeur

| ZPL | Prof. cm | Strate arboréenne | Strate herbacée | Microfossiles Non Polliniques |
|---|---|---|---|---|
| **EB 4c** | 25 | - *Fagus* n'est plus que très faiblement représenté<br>- hausse en fin de zone des courbes de *Salix*, *Betula*, *Pinus* et *Carpinus* -après un dernier pic à -16, chute continue d'*Alnus* | - baisse régulière des Cyperaceae qui disparaissent en surface ; augmentation des Poaceae<br>- bonne représentation des plantes cultivées en début de zone, tendent à disparaître ensuite<br>- pic de *Filipendula* en surface<br>- en début de zone pic important de *Sphagnum*, accompagné de *Menyanthes trifoliata*, *Scheuchzeria palustris*, *Equisetum*… | - présence seulement en début de zone de T130 et *Pediastrum*<br>- présents seulement en fin de zone : types 27, 13 et 126<br>- T18 et T55a sont constants, T113 est bien représenté, mais absent en surface |
| **EB 4b** | 41 | - stabilité de *Corylus*, *Quercus*<br>- légère augmentation de *Fagus* au niveau -40<br>- augmentation d'*Alnus*, de *Pinus* et *Carpinus*<br>- baisse de *Juniperus* | - après une légère baisse au niveau -40, nouvelle hausse des Cyperaceae<br>- courbes continues des plantes cultivées et de *Plantago lanceolata* ; augmentation de *Secale* et effacement des Urticaceae<br>- apparition de *Menyanthes trifoliata* | - présence affirmée de T130 et *Pediastrum*, accompagné de T766<br>- présence constante de T18 et T126<br>- présence des types 55a, 112, 113, 368 et 169 au niveau -32 |
| **EB 4a** | 65 | - chute des taux de *Fagus*, à 5% en fin de zone<br>- stabilité de *Betula*, *Corylus* et *Pinus*<br>- hausse de *Quercus* et de *Carpinus*<br>- courbe irrégulière d'*Alnus*<br>- bonne représentation de *Juniperus* | - augmentation marquée des Cyperaceae, alors que les Poaceae restent stables<br>- augmentation des courbes de plantes cultivées, notamment *Cannabis*-type, et première occurrence de *Fagopyrum*<br>- parmi les rudérales, augmentation de *Rumex* et des Urticaceae<br>- chute *d'Equisetum* et apparition de *Sphagnum* | - quelques occurrences de T766 et T28<br>- T37 et T353 sont constamment présents<br>- sont fortement représentés sur les deux derniers niveaux, les types 13, 126, 143 et 123<br>- T55a et T113 sont toujours présents, et apparition de T112a |
| **EB 3b** | 81 | - légère baisse de *Fagus* en début de zone et chute plus franche au dernier niveau<br>- même tendance pour *Corylus*<br>- *Alnus* en chute légère mais continue<br>- courbes discrètes mais constantes de *Carpinus*, *Castanea* et *Juglans*<br>- augmentation notable de *Juniperus* | - les Poaceae sont toujours stables, mais les Cyperaceae augmentent fortement en fin de zone<br>- représentation diversifiée des herbacées, dominée par *Potentilla*-type<br>- présence affirmée et constante des plantes cultivées et des rudérales, notamment *Plantago lanceolata*, les Urticaceae, *Rumex*…<br>- zone marquée par la forte présence d'*Equisetum* | - apparition conjointe des T130, T766, de *Pediastrum* et d'une zyogospore indéterminée<br>- présence constante de T353, et toujours de T18, T55a et T113<br>- quelques types 16, 44 et 360 |
| **EB 3a** | 111 | - stabilité globale de *Fagus* autour de 20%<br>- idem pour *Quercus* autour de10%<br>- courbe d'*Alnus* tend à la baisse<br>- augmentation de *Betula* et plus modestement de *Carpinus*<br>- plusieurs occurrences de *Juglans* et apparition de *Castanea* | - stabilité des taux de Cyperaceae autour de 5%, et des Poaceae autour de 15%<br>- présence constante de *Cerealia*-type et de *Secale* et apparition de *Cannabis*-type en milieu de zone. Intensification des IPA en milieu de zone avec la présence de *Papaver rhoeas*-type, d'Urticaceae…<br>- occurrences régulières d'*Equisetum* | - très forte augmentation générale des MNP identifiés et non identifiés<br>- bonne représentation constante de T126<br>- représentation quasi-constante de T18, T55a, T113 et occurrences régulières de T368 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **EB 2** | 123 | - *Alnus* est toujours dominant<br>- apparition d'une courbe importante de *Fagus*<br>- baisse de *Corylus* et relative stabilité de *Quercus*<br>- apparition d'une courbe continue de *Betula*<br>- apparition et présence constante de *Carpinus* et première occurrence de *Juglans* | - légère augmentation des Cyperaceae seulement au premier niveau, et légère augmentation constante des Poaceae<br>- courbe régulière de Ranunculaceae ; courbe ascendantes de *Filipendula* et *Potentilla*-type<br>- présence constante de *Cerealia*-type, apparition de *Secale* en fin de zone ; courbe continue de *Plantago lanceolata* | - présence toujours faible globalement<br>- disparition de T128<br>- quelques ascospores T18 et T126 en début et fin de zone<br>- apparition de T55a, T113 et T368 au dernier niveau |
| **EB1** | 139,5 | - large dominance d'*Alnus*, malgré une chute ponctuelle à -134 cm<br>- forts taux de *Corylus*, autour de 40%<br>- bonne représentation de *Tilia* et *Quercus*, accompagnés de *Fraxinus* et *Pinus* | - présence globalement constante des Cyperaceae autour de 5%, et des Poaceae autour de 10%, pic au niveau -130<br>- courbes continues de *Filipendula* et de Ranunculaceae | - MNP faibles en quantité et diversité<br>- présence constante des types 128 et 18 |

**Tableau 2.18.** Description du diagramme pollinique, Zones Polliniques Locales (ZPL), et du diagramme des Microfossilles Non Polliniques (MNP) (sens de lecture : de bas en haut). Diagrammes A.18. et A.19.

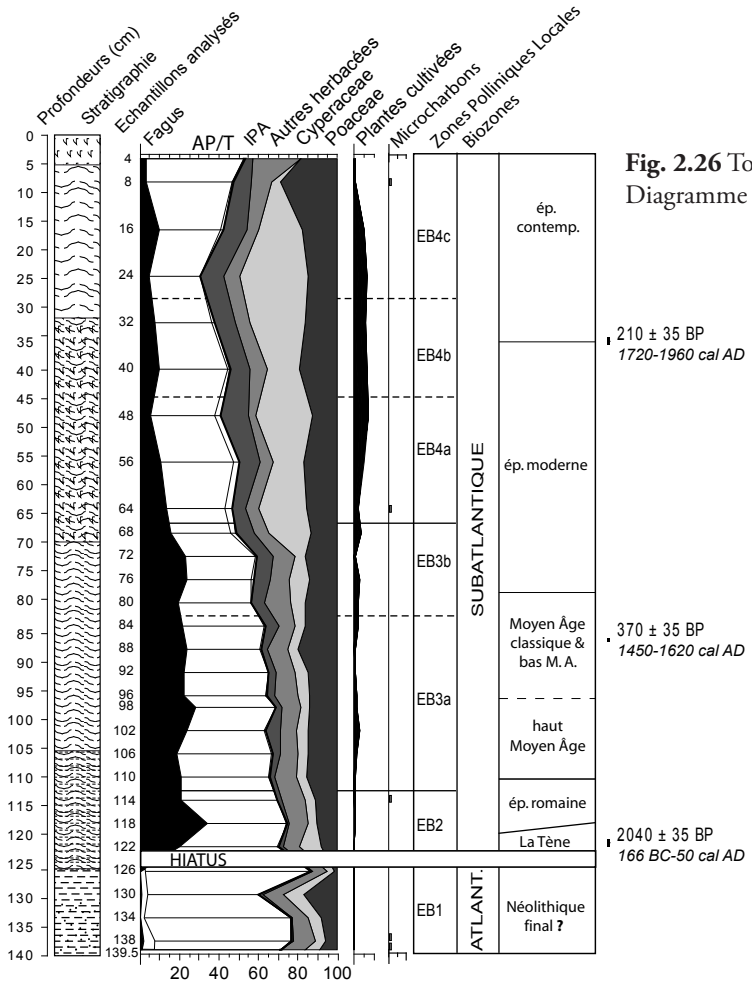



**Fig. 2.26** Tourbière de létang de Bouquin - Diagramme simplifié

## Commentaire

Analyse des fig. A.18., A.19. voir aussi fig. 2.26.

### ZPL EB1

Les assemblages polliniques du début de la séquence de l'étang de Bouquin sont caractérisés par la prédominance du couvert forestier (quasiment toujours au dessus de 70% du total de la somme pollinique). Le noisetier (*Corylus*) est le taxon dominant ; il est accompagné de pollen de chêne (*Quercus*) et de tilleul (*Tilia*), ce dernier dépassant le chêne en fin de zone. Le frêne (*Fraxinus*) et le pin (*Pinus*) présentent des courbes continues, alors que l'orme (*Ulmus*) et le hêtre (*Fagus*) ne sont représentés que par quelques occurrences irrégulières. La présence d'une aulnaie locale est attestée dès le début de l'enregistrement, et le pollen d'aulne (*Alnus*) domine toute cette première phase. En milieu de zone 1, deux chutes relativement importantes touchent les différents taxons arboréens : la première affecte l'aulne, la seconde affecte principalement le noisetier et dans une moindre mesure le chêne. A ces indices d'ouverture du milieu correspond un pic de la courbe des graminées sauvages (Poaceae). Ces deux événements ponctuels ne sont pas corrélés à la présence de marqueurs polliniques ou non-polliniques d'anthropisation du couvert végétal. Les assemblages polliniques de cette première zone sont, dans le Morvan, plutôt associés à la transition entre l'Atlantique récent et le début du Subboréal, avec

une représentation encore très discrète du hêtre (voir 3ème partie). Il n'y a donc pas ici d'enregistrement d'activités humaines qui auraient concerné la fin de la période néolithique.

**ZPL EB2**

Les assemblages polliniques de la ZPL 2 diffèrent nettement de ceux de la précédente, laissant clairement apparaître un hiatus dans l'enregistrement sédimentaire. Dés le début de la zone, le hêtre domine la représentation de la forêt alors que le tilleul chute de façon drastique. Le noisetier perd aussi considérablement de l'importance. Seule la courbe du chêne ne montre pas de profonde modification mais juste une légère augmentation en début de zone. L'augmentation de la courbe de l'aulne est elle plus importante et plus durable, jusqu'en milieu de zone. Enfin, le charme (*Carpinus*) est présent constamment dès le premier échantillon analysé où il est même accompagné d'une occurrence de pollen de noyer (*Juglans*). Alors que les courbes des Poacées et Cypéracées ne présentent qu'une légère hausse, la zone EB2 est surtout marquée par une augmentation de la diversité des herbacées en général, évoquant en partie la végétation de la zone humide, comme la reine-des-prés (*Filipendula*), les Apiacées, la lysimaque (*Lysimachia*), d'autres évoquant plutôt la présence de sous-bois clairs et de prairies environnantes, comme les composées de type Cichorioideae et Asteroideae, les Dipsacacées, ou encore le mélampyre (*Melampyrum*). De plus, la présence d'indices polliniques d'anthropisation est constante tout au long de la zone. Le pollen de céréale de type blé, orge et/ou avoine (*Cerealia*-type), est discret mais constant dans tous les échantillons, accompagné de seigle (*Secale*) en fin de zone. Le plantain lancéolé *(Plantago lanceolata*), absent en ZPL EB1, montre une courbe continue et relativement importante... Les MNP (microfossiles non-polliniques) sont encore peu nombreux, mais leur quantité augmente régulièrement. Les ascospores de T18 évoquent la présence sur la tourbière de linaigrette engainée et le mycélium de *Clasterosporium caricinum* (T126) celle de laîches (*Carex*) dont il est un parasite. Enfin, dans l'échantillon -114, le dernier de la zone, plusieurs ascospores de champignons marqueurs du pastoralisme apparaissent de façon simultanée : les Sordariales (T55a), qui indiquent l'eutrophisation de la tourbière, et *Sporormiella* (T113) et *Podospora* (T368) qui sont des coprophiles stricts. L'attribution sans ambiguïté du début de cette zone au Subatlantique d'après les spectres polliniques est précisée par une date effectuée à 121/122 cm de profondeur, qui situe la reprise de l'accumulation tourbeuse entre 166 cal BC et 50 cal AD, soit à la fin du second âge du Fer ou au tout début de l'époque romaine.

**ZPL EB3**

L'ensemble de la zone 3 montre une certaine stabilité des courbes du chêne et du hêtre, respectivement autour de 10 et de 20%. On observe aussi une baisse progressive et continue du reflet pollinique de l'aulnaie tout au long de cette période. Au cours de la zone 3a le bouleau (*Betula*) prend aussi une importance nouvelle. Les graminées sauvages et les Cypéracées montrent alors des taux d'une remarquable stabilité, autour de 15% pour les premières et de 5% pour les secondes. Elles sont associées à une strate herbacée riche par la diversité des taxons représentés, où dominent toujours la reine-des-prés, les Renonculacées, les Dipsacacées et les potentilles (*Potentilla*-type). La présence des IPA s'intensifie par rapport à la zone précédente. Les céréales de type blé et le seigle sont présentes en courbe continue et le pollen de chanvre (*Cannabis*-type) fait son apparition. Les espèces rudérales apparues en zone précédente perdurent, voire augmentent comme l'oseille, et on observe une bonne représentation de l'ortie (Urticaceae) dans la première partie et en fin de zone. De plus, des occurrences de pollen de plantes messicoles (bleuet - *Centaurea cyanus* et coquelicot – *Papaver rhoeas*-type) viennent ponctuellement attester de la proximité des cultures (Brun 2007, Brun *et al.* 2007). Les MNP enregistrent une augmentation spectaculaire des taxons non identifiés et identifiés, parmi lesquels des ascospores de champignons coprophiles sont constamment présents. *Sporormiella* sp. et *Sordaria* sp. sont particulièrement bien représentées, régulièrement accompagnées de *Podospora*. Ces assemblages évoquent une fréquentation pastorale importante de la tourbière et/ou de son environnement proche tout au long de cette portion de l'enregistrement qui, chronologiquement, correspond au Moyen Âge pour la zone 3a. Au sein de l'enregistrement relativement homogène qui caractérise cette zone, on observe toutefois quelques variations ponctuelles comme par exemple celle enregistrée par les échantillons -106 et -102 (au cours du haut Moyen Âge) qui montrent une intensification temporaire des différents marqueurs d'anthropisation. A l'inverse, à 98 cm de profondeur, la représentation du couvert forestier augmente, principalement conditionnée par la hausse du hêtre. Ce phénomène, situé autour de l'an Mil par le modèle d'âge, correspond à des signes concordants de déprise agropastorale, qu'il s'agisse des plantes cultivées et des apophytes, mais aussi des spores de champignons coprophiles.

Enfin, la ZPL 3b enregistre une chute plus franche de la courbe des arbres, qui intervient plutôt en seconde partie de zone et qui concerne principalement le noisetier et le hêtre. Dans le

même temps, la baisse des taux de l'aulne s'intensifie. La strate herbacée enregistre une augmentation sensible des Cypéracées, particulièrement marquée en fin de zone, alors que les taux des Poacées gardent une relative stabilité. On observe une représentation amoindrie de reine-des-prés et de Renonculacées, et une hausse des potentilles. Mais au cours de cette zone, la variation la plus spectaculaire est celle qui touche la courbe de la prêle (*Equisetum*) : fortement présente dès le premier échantillon (-92) et formant un pic remarquable au dernier échantillon de la zone (-68). Par ailleurs, l'enregistrement des IPA est encore en augmentation par rapport à la phase précédente, avec une présence constante de pollen de céréales et de chanvre, de plantain, d'ortie et d'oseille. Le diagramme des microfossiles non-polliniques montre une certaine stabilité par rapport à la fin de la zone précédente, avec notamment toujours une bonne représentation du type 18 et de *Clasterosporium caricinum*, attestant de la présence de linaigrette engainée et de laîches dans la proximité du point de forage. Les champignons coprophiles restent aussi relativement bien représentés, notamment *Sporormiella*. Les Sordariales, sont omniprésentes mais en moins grande quantité que dans les échantillons précédents. La principale nouveauté est l'apparition de zygospores d'algues vertes d'eau douce : des Spirogyres (T130), *Pediastrum* ou encore *Botryoccocus* (T766). Même si elles sont ici en faible quantité, ces algues par ailleurs extrêmement rares dans l'ensemble des échantillons analysés dans le Morvan, indiquent ici l'élévation du niveau d'eau de façon durable et importante. De plus, le changement de conditions hygrométriques qui intervient au cours de cette zone, illustré par la baisse d'aulne, l'augmentation de la prêle et l'apparition des algues vertes, correspond aussi à une accumulation tourbeuse qui évolue, d'une tourbe brune homogène, vers une tourbe blonde dans laquelle les restes végétaux restent bien visibles. Ces événements touchent une période qui correspond au début de l'époque moderne, probablement au cours des XV$^{e}$ et XVI$^{e}$ siècles.

**ZPL EB4**

L'ouverture du milieu amorcée en fin de zone précédente s'affirme au cours de la zone 4a. Elle est majoritairement conditionnée par la chute continue du taux de pollen de hêtre (5% seulement au dernier échantillon), une chute qui concorde avec l'augmentation de la représentation du chêne, du pin, du charme et du genévrier (*Juniperus*). Les arbres cultivés, noyer et châtaignier, sont omniprésents, et les courbes du saule, du bouleau et du noisetier montrent une grande stabilité. Les proportions d'aulne sont variables mais gardent toujours des valeurs inférieures à celles

des zones précédentes. Les Cypéracées, en augmentation depuis la fin de la phase précédente, dominent maintenant la strate herbacée. Les indices polliniques d'activités agro-pastorales continuent à augmenter, notamment les plantes cultivées, avec l'apparition du sarrasin (*Fagopym*) au milieu de la zone et l'augmentation du chanvre dont la courbe atteint presque 4% dans le dernier échantillon (-48). La zone 4a aussi est marquée par la forte chute puis la disparition progressive de la prêle, l'apparition de la scheuchzérie des marais (*Scheuchzeria palustris*), et l'augmentation des taux de spores de sphaigne. Au niveau des MNP, la présence des coprophiles est à nouveau bien marquée, en plus des Sordariales et de *Sporormiella*, *Cercophora* est présente en début et fin de zone. Alors que T18 tend à disparaître, la quantité de mycélium du parasite des laîches (*Carex* sp.) (T126) augmente, particulièrement dans le dernier échantillon (-48). Au même moment on note l'apparition en nombre de restes d'un ascomycète parasite, *Entophyctis lobata* (T13), qui est caractéristique de la tourbe à *Sheuchzeria palustris.* La ZPL EB4a, marquée par un fort impact des activités anthropiques sur le couvert végétal et une nouvelle variation des conditions écologiques sur la tourbière, peut être attribuée d'après le modèle d'âge, au XVII$^{e}$ siècle et peut-être en partie au XVIII$^{e}$ siècle.

Les assemblages polliniques de la zone 4b sont dans le prolongement de ceux observés en ZPL 4a. Les quelques variations observables sont, concernant les arbres : une augmentation sensible de l'aulne, et concernant les IPA, une augmentation des taux de seigle et de chanvre qui prennent le pas sur les céréales de type blé, orge et/avoine. Les modifications les plus importantes viennent de l'apparition de pollen de plantes aquatiques, notamment de trèfle d'eau (*Menyanthes trifoliata*), qui sont particulièrement présentes dans l'échantillon -40 ; l'échantillon suivant enregistrant plutôt la présence d'hydrophytes comme la scheuchzérie des tourbières et l'écuelle d'eau (*Hydrocotyle vulgaris*). Les assemblages de microfossiles sont aussi marqués par le retour de restes de microorganismes aquatiques, des algues vertes, notamment des Zygmatacées (certaines dont le genre n'a pu être déterminé, accompagnées de Spirogyres), mais aussi des *Pediastrum* et *Botryoccocus*. Les ascospores de champignons coprophiles disparaissent complètement du premier échantillon, mais réapparaissent avec une grande variété dans le second. A côté des taxons déjà représentées auparavant on note les premières occurrences de *Tripterospora* (T169).

Enfin, au cours de la ZPL 4c, l'image pollinique des principaux taxons arboréens reste stable, avec seulement une légère augmentation des courbes de bouleau, de pin et de charme en appro-

chant de la surface, alors que l'aulne tend à disparaître dans le même temps. Concernant la strate herbacée, on observe une nouvelle hausse de la courbe des Cypéracées, qui vont ensuite décliner graduellement jusqu'à quasiment disparaître des deux derniers échantillons. Cette fin de zone est marquée par l'augmentation des graminées sauvages, jusqu'alors remarquablement stables et celle plus marquée des potentilles. Les courbes des plantes cultivées qui oscillent autour de 6% depuis la zone 4a jusqu'à l'échantillon -16, ne déclinent franchement que dans les niveaux subactuels, attribuables à la seconde moitié du XX$^{e}$ siècle par la présence de grains de pollen d'ambroisie (*Ambrosia*-type). Les rudérales, principalement le plantain et l'oseille, suivent la même tendance. Le premier échantillon de la zone est marqué par la présence concomitante de trèfle d'eau, d'écuelle d'eau, de scheuchzérie, de prêle et de sphaigne, qui indique un degré d'hygrométrie important de la tourbière. Les échantillons suivants enregistrent une baisse de ces taxons qui disparaissent même pour la plupart d'entre eux en fin de séquence. Concernant les MNP, la première moitié de la zone continue à enregistrer la présence d'algues vertes. En revanche, elles disparaissent de la seconde moitié et l'on voit apparaître à nouveau les types 18, 126 (*Clasterosporium caricinum*), 27 (*Tilleta sphagni*) et 13 (*Entophyctis lobata)*, qui évoquent respectivement la croissance sur la tourbière de linaigrette engainée, de laîches, des sphaignes et encore probablement au niveau -8 la présence de gouilles à scheuchzérie des marais. La représentation des ascomycètes coprophiles, toujours principalement *Sordaria* et *Sporormiella*, ne faiblit réellement que dans le dernier échantillon. Cette dernière phase du diagramme correspond à une période récente, couvrant probablement les XIX$^{e}$ et XX$^{e}$ siècles.

**Synthèse**

Le début de remplissage de la tourbière de l'étang de Bouquin à Dun-les-Places peut être évalué, d'après les assemblages polliniques, à la fin de la biozone atlantique ou au début du Subboréal, soit il y a environ 5000 ans. Cette datation est à peu près la même que celle attribuée par G. Lemée à la séquence qu'il a étudiée dans les années 50 (Lemée 1951). Elle confirme que le début du remplissage sédimentaire de la zone humide est manifestement antérieur à l'aménagement moderne de l'étang, dont la forme actuelle est héritée de la période d'aménagement du réseau hydrographique pour le flottage du bois de chauffage destiné à chauffer Paris (entre la fin du XVI$^{e}$ et le XVIII$^{e}$ siècle). Toutefois, la séquence est affectée d'un long hiatus sédimentaire de

presque 4 millénaires. Celui-ci n'avait pas été identifié par G. Lemée, probablement à cause de l'absence de datation radiocarbone et de l'utilisation d'un pas d'analyse palynologique peu précis de 20 à 10 cm. Il est difficile dans ces conditions de déterminer si le hiatus sédimentaire est un événement ponctuel localisé au niveau du forage réalisé en 2003 ou s'il a une ampleur spatiale plus importante à l'échelle de la tourbière. Quoiqu'il en soit, sa présence ici cantonne l'apport principal de la séquence à l'histoire locale de la végétation des deux derniers millénaires, avec de plus une dilation importante des 60 cm supérieurs, qui couvrent les trois derniers siècles de notre ère.

Les sédiments argileux les plus profonds, qui documentent une partie du Néolithique qui n'a pu être datée de manière absolue (probablement le Néolithique récent/final), n'ont pas enregistré de témoignage d'activités agro-pastorales (EB1). En revanche, le début de l'accumulation qui suit le hiatus montre un couvert végétal déjà largement anthropisé, dans lequel le reflet pollinique de la hêtraie-chênaie primaire est fortement amoindri (EB2). Le hêtre notamment présente des taux plutôt bas, entre 25 et 30%, l'ouverture du milieu favorisant alors les formations secondaires à noisetier et bouleau. Le début de cette phase est daté de la fin du second âge du Fer. La tourbière est distante d'à peine 3 km de l'un des sites majeurs de la Tène dans le Morvan : l'*oppidum* du Vieux-Dun situé sur un promontoire au sud de l'agglomération de Dun-les-Places (voir chap. 1.1.3). Ce site, qui domine la vallée de la Cure, est associé à un culte de l'eau sur le ruisseau Saint-Marc sur les pentes de l'*oppidum* (Bigeard 1996, Péquignot *et al.* 2001). L'enregistrement commençant à cette période, on peut dès lors se poser la question d'une origine humaine dans la reprise de la sédimentation et le début de la turfigénèse de cette zone humide. Des aménagements touchant au fonctionnement hydrologique de la zone, réalisés au cours d'une période située entre la fin de La Tène et le début de l'époque gallo-romaine, ont pu entraver les écoulements et provoquer un engorgement à l'origine de la turfigénèse. Ce type de processus qui a pu être observé dans un milieu relativement comparable, la partie orientale Massif central, et concernant aussi des aménagements antiques (Cubizolle *et al.* 2004). Que ce soit pour le début du remplissage, dans la seconde moitié de Néolithique (probablement entre 3500 et 2500 cal BC), ou pour le début de la turfigénèse à la fin du I$^{er}$ siècle avant notre ère, on peut s'interroger sur le rôle des modifications environnementales occasionnées par les défrichements opérés par les sociétés humaines dans l'origine de l'accumulation sédimentaire. Une question qui se pose pour

plusieurs des séquences du Morvan et que l'on considérera à l'échelle du massif dans un chapitre de synthèse (voir chap. 3.1.)

L'impact anthropique s'intensifie durant la période romaine, et les indices d'agriculture s'enrichissent de marqueurs du pastoralisme à proximité de la tourbière. Au haut Moyen Âge, les espèces cultivées se diversifient et ponctuellement la présence de différentes messicoles atteste de la proximité de cette agriculture. La période médiévale dans son ensemble présente une ouverture du milieu assez importante et une relative stabilité des activités agro-pastorales dans l'environnement de la tourbière (EB3a).

Le changement des conditions écologiques locales sur la tourbière au début de l'époque moderne est certainement à mettre en relation avec l'étang que borde la tourbière et qui était alors destiné à former une retenue d'eau utilisée dans le système de flottage à bûche perdue. Une relation d'autant plus probable que le XVI$^{e}$ siècle constitue une période clé dans l'aménagement hydraulique des cours d'eau du Morvan (Benoit *et al.* 2004, Vigreux 1994). On peut alors observer les indices d'une augmentation de l'hygrométrie avec le développement d'une cariçaie et l'expansion de la prêle, espèce de berge dont la croissance est peut-être favorisée par l'alternance de périodes de retenues d'eau et de lâchers pour le flot. Les variations synchrones et contraires des courbes de l'aulne et des cypéracées, qui vont alors se succéder du XVI$^{e}$ au XIX$^{e}$ siècle (ZPL 4a, 4b et début de la 4c), pourraient alors illustrer des phases de proximité et d'éloignement successifs de la berge de l'étang, les phases les plus hautes favorisant le développement de la cariçaie et les plus basses celle de l'aulnaie.

L'ensemble de la zone 4 couvre une période de temps très récente, probablement du XVIII$^{e}$ siècle à nos jours, et elle présente donc une forte dilation de l'enregistrement. Elle évoque un niveau d'anthropisation du couvert végétal plutôt élevé, qui allie agro-pastoralisme et exploitation de la hêtraie pour le bois de chauffe. Le diagramme montre aussi l'évolution récente de la zone humide principalement conditionnée par l'évolution de l'activité de flottage qui va de son apogée, à la transition entre le XVIII$^{e}$ et le XIX$^{e}$ siècle, jusqu'au déclin qui débute dès la moitié du XIX$^{e}$ siècle, et qui induit un ralentissement des fluctuations de l'étang. À partir de la zone 4b, et au cours de la 4c, on observe une succession de végétation évoquant un niveau d'eau élevé. Cette phase, qui fait suite au déclin de la prêle, est plutôt marquée par un assemblage de plantes hygrophiles ou aquatiques, et dominée par le trèfle d'eau (*Menyanthes trifoliata*). Le niveau d'eau

semble ensuite durablement baisser puisque les assemblages de la phase suivante évoquent le stade pionnier de la tourbière avec une place plus importante pour la scheuchzérie, la présence de pollen de droséra (*Drosera*), ou encore avec le développement d'espèces de berge comme l'écuelle d'eau (*Hydrocotyle vulgaris*). Toutefois, le degré d'humidité doit rester relativement important, au moins une partie de l'année, car les zygospores d'algues restent présentes. Enfin, les niveaux qui s'approchent de la surface montrent un assèchement avec la disparition des micro-organismes d'origine aquatique et du pollen de plantes hygrophiles ou aquatiques, et avec l'augmentation du taux de callune. Les occurrences parfois nombreuses des types 18, 126 (*Clasterosporium caricinum*), 27 (*Tilleta sphagni*) et 13 (*Entophyctis lobata)*, évoquent respectivement la croissance sur la tourbière de linaigrette engainée, de laîches, de la sphaigne et, probablement jusqu'à une période assez récente (à 8 cm de profondeur), la persistance de gouilles à scheuchzérie des marais, une espèce qui a aujourd'hui complètement disparu du massif du Morvan (Bardet *et al.* 2008).

Pour finir, on remarquera la stabilité apparente des principaux taxons qui composent le diagramme et qui tend à indiquer une certaine fixité des terroirs et des modalités d'exploitation du milieu depuis le Moyen Âge, voire même dans une certaine mesure depuis l'époque romaine. On peut légitimement se poser la question de l'origine antique d'une première forme de retenue d'eau précédant l'étang actuel. Enfin, ce sont les variations de cet étang qui impriment les changements les plus importants enregistrés par le diagramme pollinique.

## 2.2.6. Tourbière du Verny-des-Brûlons

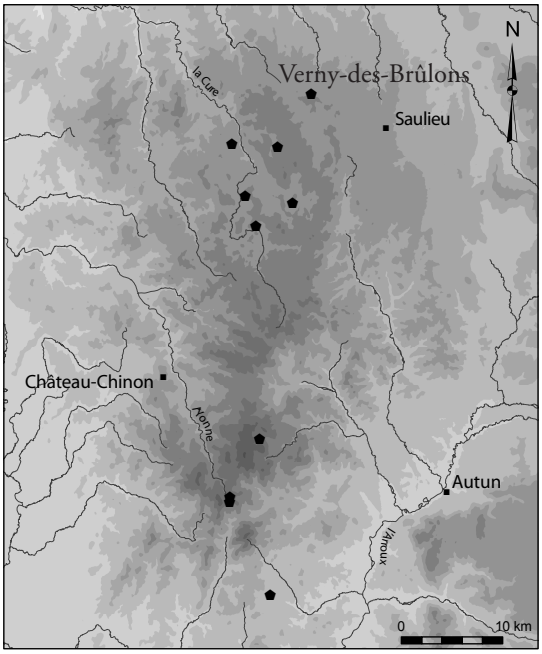
*Saint-Agnan, (Nièvre)*

Forage : octobre 2003

Coordonnées géographiques : 47° 19’ 04” N

04° 07’ 22” E

Altitude : 560 m




La tourbière du Verny-des-Brûlons qui est localisée sur la commune de Saint-Agnan, à l’extrémité nord-est du massif du Morvan, est légèrement excentrée par rapport au groupe formée par les tourbières étudiées dans la zone du Morvan central. Située autour de 560 m d’altitude, elle se développe au pied d’un petit plateau qui borde la vallée du Cousin. Elle est aujourd’hui en bordure orientale d’un petit étang qui est déjà présent sur la carte de Cassini, et qui participait au réseau mis en place pour le flottage du bois de chauffage à destination de Paris. De l’étang, part un petit ruisseau qui allait rejoindre le cours du Cousin au nord du bourg de Saint-Agnan, et qui aujourd’hui se jette dans le lac artificiel créé au XX$^{e}$ siècle pour la production d’eau potable. La phase de terrain a bénéficié de la présence d’Eric Fédoroff du Conservatoire Botanique du Bassin parisien, dont la parfaite connaissance du terrain nous a permis d’accéder immédiatement aux parties les plus évoluées de la tourbière. Les tests ont montré que les plus grandes profondeurs de remplissage se situent dans la zone de tourbière haute à buttes de sphaigne et de callune en voie d’envahissement par le bouleau, et où quelques pins rabougris et dispersés sont les vestiges d’un essai de plantation aujourd’hui abandonnée. Une séquence d’1,45 m prélevée à la sonde russe a ainsi été obtenue.

## La séquence sédimentaire

**Tableau 2.19.** Datations radiocarbone par AMS

| Profondeur (cm) | Matériel | Code lab. | Âge $^{14}$C BP | Dates calibrées BC-AD (2 sigma) |
|---|---|---|---|---|
| 37,5-38,5 | tourbe | Poz-13030 | 695 ± 30 | [1260-1390] cal AD |
| 68-70 | charbon | Poz-12013 | 2300 ± 30 | [402-235] cal BC |
| 76-77 | tourbe | Poz-20364 | 3695 ± 35 | [2200-1970] cal BC |
| 105,5-107,5 | tourbe | Poz-12014 | 7370 ± 40 | [6376-6087] cal BC |
| 123,5-124,5 | tourbe | Poz-20365 | 10390 ± 60 | [10700-10100] cal BC |
| 133,5-134,5 | mat. organique | Poz-13031 | 11010 ± 60 | [11120-10910] cal BC |

Datations réalisées au Poznan Radiocarbon laboratory - Pologne (Poz) et calibrée avec Oxcal v3.10 (Bronk Ramsey 2005, Reimer 2004)

La stratigraphie de la séquence du Verny-des Brûlons montre un remplissage plus contrasté que celles des autres tourbières du Morvan, notamment par la présence de niveaux argilo-organiques lités vert/brun, qui alternent avec de la tourbe (fig. 2.27). Six datations radiocarbone par AMS ont été réalisées sur la séquence. La date la plus ancienne ainsi que le diagramme pollinique montrent que l'origine de la tourbière est bien antérieure à la création de l'étang, car le début du remplissage remonte à plus de 13000 ans, soit dès le début du Dryas récent, ou peut-être encore plus tôt dans le Tardiglaciaire (la présence d'un échantillon au contenu pollinique pollué à -140 cm rend difficile l'interprétation de l'échantillon le plus profond). Toutefois cette séquence est affectée par deux hiatus sédimentaires importants, clairement identifiables dans les spectres polliniques et que l'on a tenté de dater par le radiocarbone. Malheureusement, la tentative n'a pas toujours été concluante puisque les dates qui encadrent la zone comprise entre les deux hiatus sont discordantes avec l'enregistrement pollinique et ne peuvent donc être retenues pour caler la chronologie de la séquence. Ainsi, la complexité de la datation de cette séquence n'a pas rendu possible l'établissement d'un modèle âges-profondeurs de type *Gam's model*. Le modèle présenté ci-contre (fig. 2.27.) propose d'utiliser les données polliniques pour situer les hiatus dans le temps. Une ligne peut être tirée entre les deux bornes que nous proposons sur des critères d'assemblages polliniques. En aucun cas elle ne prétend illustrer une réalité, mais il faut noter que la tendance qu'elle donne à la sédimentation passe par la seule date radiocarbone retenue, lui conférant ainsi une certaine légitimité.

La tourbière du Verny-des-Brûlons est l'une trois tourbières du Morvan qui ont fait l'objet d'une analyse géochimique (avec Port-des-Lamberts, chap. 2.1.1. et Grand-Montarnu, chap. 2.1.3.) (voir chap. 1.3.4.3.). Elle a été choisie sur des critères de localisation géographique : située à une quarantaine de kilomètres au nord-est du Morvan des collines, c'est le site le plus éloigné du groupe formé par les deux tourbières du haut Morvan, Port-des-Lamberts et Grand-Montarnu. Cette tourbière est aussi située à plus basse altitude et dans un contexte métallogénique différent de celui du haut Morvan à l'extrémité sud-ouest du district sidérurgique du Morvan-Auxois (Mangin et Keesmann 1992), où l'exploitation et la réduction de minérai de fer sont attestées durant l'Antiquité (voir chap. 1.1.3.). Enfin, pour l'analyse géochimique, l'échantillonnage a été calé sur le même pas que celui de l'analyse pollinique, dans la mesure du possible. Les 25 centimètres le plus profonds n'ont pas été retenus pour le traitement des données géochimiques ; riche en matière minérale, cette partie de la séquence ne présentait pas les conditions requises pour percevoir les apports atmosphériques seuls.

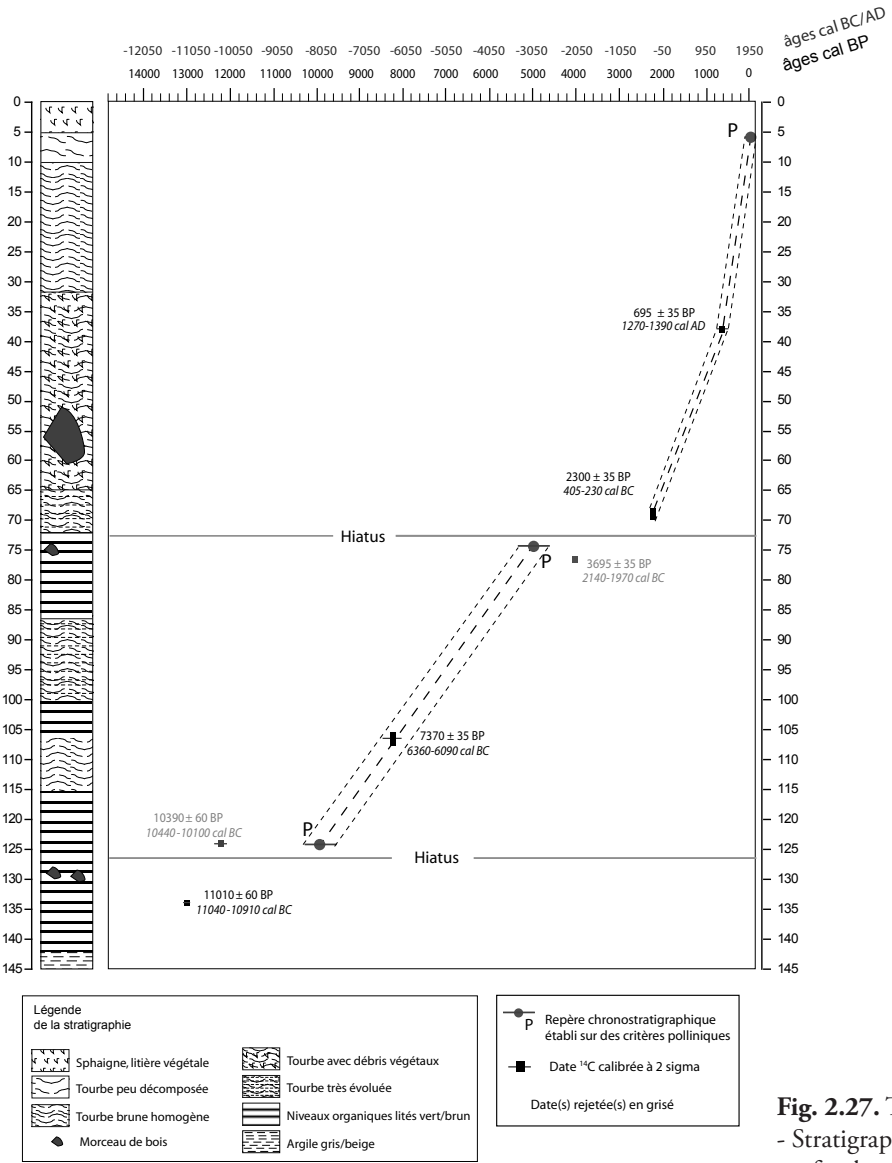



**Fig. 2.27.** Tourbière du Verny-des-Brûlons - Stratigraphie de la carotte et modèle âge/profondeur

| ZPL | Prof. cm | Strate arboréenne | Strate herbacée | Microfossiles Non Polliniques | Rapports Pb/Sc et $^{206}Pb/^{207}Pb$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **VB 5B** | ç | - augmentation légère de la majeure partie des taxons en fin de zone, plus marquée pour *Corylus*, *Quercus* et surtout *Pinus*, *Abies* et *Picea*<br>- pic spectaculaire de *Betula* au niveau -2 | - *Cerealia*-type, *Secale*-type, et *Cannabis*-type tendent à disparaître<br>- important pic de *Plantago lanceolata* au niveau -8<br>- pic du pollen de *Calluna*, mais peu présent en surface | - en fin de zone forte représentation des types 32a, 8, 494 et 782 et disparition des autres MNP | - sur les deux échantillons supérieurs : retour du rapport Pb/Sc au niveau zéro et stabilisation des valeurs isotopique<br>- puis sur l'ensemble du reste de la zone : augmentation forte et durable du rapport Pb/Sc et baisse régulière des valeurs isotopiques, jusqu'à -1,14 vers la surface |
| **VB 5a** | 129 | - baisse continue de taux de *Fagus*, de 25% à moins de 2%<br>- inversement les taux de *Quercus* augmentent (presque 20% au niveau -12)<br>- chute drastique d'*Alnus* et baisse de *Betula* et *Salix*<br>- courbes continues de *Carpinus*, *Castanea* et *Juglans*<br>- augmentation de *Pinus* | - augmentation d'abord des Cyperaceae, puis de Poaceae<br>- présence plus forte du pollen de plantes cultivées en début et en fin de zone, diversification des apophytes et occurrences de messicoles<br>- petits pics de Cichorioidea<br>- importance de *Potentilla-type* en 1ère moitié de zone et de *Calluna* en 2nde moitié | - types 4, 18, 16 et 55 toujours bien représentés<br>- présence spectaculaire de T10<br>- occurrence de T1 et hausse des varias<br>- bonne représentation de T207, hormis au premier échantillon | |
| **VB 4c** | 37 | - augmentation des taux de *Fagus*<br>- importantes baisses de *Corylus* et *Quercus*<br>- disparition *d'Ulmus*, *Tilia* et *Fraxinus*<br>- pic spectaculaire d'*Alnus* et dans une moindre mesure de *Salix* et *Betula* | - poursuite de la baisse des Poaceae, mais augmentation des Cyperaceae<br>- nette augmentation de *Cerealia*-type, *Secale*-type, et *Cannabis*-type, idem pour *Plantago lanceolata, Rumex* et *Artemisia* | - bonne représentation avec pics ponctuels des types 16, 44, 4 et 18<br>- forte proportion de T55a et premières occurrences de T112a et T368 | - augmentation nette du rapport Pb/Sc<br>- déplacement des valeurs isotopiques jusqu'à 1,19 |
| **VB 4b** | 53 | - stabilité des courbes de *Quercus* et *Fagus*<br>- nette augmentation de *Corylus*, *Salix* et *Alnus*<br>- réapparition de courbes continues de *Tilia* et *Fraxinus*<br>- courbe continue de *Carpinus*, 1ère occurrence de *Juglans* | - les Poaceae baissent légèrement<br>- présence discrète mais constante des plantes cultivées, et quelques occurrences de messicoles ; peu d'apophytes et diminution de *Plantago lanceolata* et de *Rumex* | - augmentation importante des MNP<br>- forte représentation de T16 de T55, présence de T7A et première occurrence de T112a/b | - sur le dernier niveau de la zone : léger déplacement de la valeur Pb/Sc et variation plus nette du rapport isotopique |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **VB 4a** | 73 | - chute drastique de *Quercus*<br>- apparition de *Fagus* autour de 20% ; baisse en fin de zone<br>- *Ulmus*, *Tilia* et *Fraxinus* tendent à disparaître<br>- baisse continue de la courbe d'*Alnus*<br>- réapparition de *Betula*<br>- apparition de *Carpinus* et de *Castanea* | - forte augmentation des Poaceae<br>- premières occurrences des IPA : *Cerealia*-type, *Plantago lanceolata* et *Rumex* principalement ; augmentation en fin de zone et apparition de *Secale*-type, de *Cannabis*-type et de *Fagopyrum*<br>- pic de *Potentilla*-type et de *Calluna* en fin de zone | - en début de zone présence de T128, T16 et quelques T4 et T18<br>- mêmes taxons au dernier niveau et réapparition de T55a accompagné de 7a | - rapport Pb/Sc autour de zéro<br>- la signature isotopique, autour de 1,21, est celle du plomb indigène |
| **VB 3b** | 85 | - hausse de *Quercus* jusqu'à 50%<br>- *Fraxinus* et *Tilia* restent stables<br>- décroissance légère de *Corylus* et *Ulmus*<br>- baisse régulière d'*Alnus*<br>- pic de *Ilex* et *Sorbus* en fin de zone | - faible présence des Poaceae et des Cyperaceae<br>- nouveau pic de la courbe des Ranunculaceae<br>- présence constante de *Melampyrum* et *Filipendula* | - faible présence des MNP en général<br>- bonne représentation de T128 en première partie de zone<br>- quelques occurrences de T16 en milieu de zone | |
| **VB 3a** | 101 | - augmentation de *Quercus* de 15 à 40 %<br>- *Tilia* et *Fraxinus* se stabilisent autour de 10%<br>- développement spectaculaire d'*Alnus*<br>- remontée du taux de *Corylus* en fin de zone | - quasi absence de Poaceae<br>- les Cyperaceae augmentent faiblement<br>- pic majeur de Ranunculaceae au niveau -96<br>- grande quantité de spores monolètes en début et fin de zone | | |
| **VB 2b** | 109 | - baisse spectaculaire de *Corylus*<br>- relative stabilité de *Quercus*, *Ulmus* et *Pinus*<br>- augmentation des courbes de *Tilia* et *Fraxinus* | - augmentation des Poaceae<br>- pic de la courbe de *Melampyrum* | - occurrences régulières de T128 et T28 en zone 2a<br>- faible présence des autres MNP | - horizons non analysés |
| **VB 2a** | 125 | - présence dominante de *Corylus*, qui augmente régulièrement<br>- augmentation de *Quercus* et *Ulmus*<br>- quelques occurrences de *Tilia* et *Fraxinus*<br>- *Salix* et *Pinus* décroissent régulièrement | - chute générale des taxons herbacés<br>- légère augmentation des Ranunculaceae | | |
| **VB1** | | - quasi-absence de pollen d'arbres, seuls *Betula* et *Salix*, suivis de *Pinus,* sont représentés<br>- présence des arbustes, *Juniperus*, *Hippophae* et *Ephedra* | - les Cyperaceae et les Poaceae dominent largement<br>- courbes peu importantes mais continues d'*Artemisia*, *Rumex*, *Potentilla* et *Filipendula* principalement<br>- pic de *Sphagnum* en milieu de zone | - présence importante de T128 et T27<br>- présence constante de T55A<br>- relative abondance de T55C en fin de zone | |
| | 145 | Pollution pollinique de l'échantillon -140 | | | |

**Tableau 2.20.** Description du diagramme pollinique, Zones Polliniques Locales (ZPL), et du diagramme des Microfossiles Non Polliniques (MNP) et résultats des analyses géochimiques : ratios Pb/Sc et rapports isotopiques $^{206}Pb/^{207}Pb$ (sens de lecture : de bas en haut). Diagrammes A.20. et A.21.

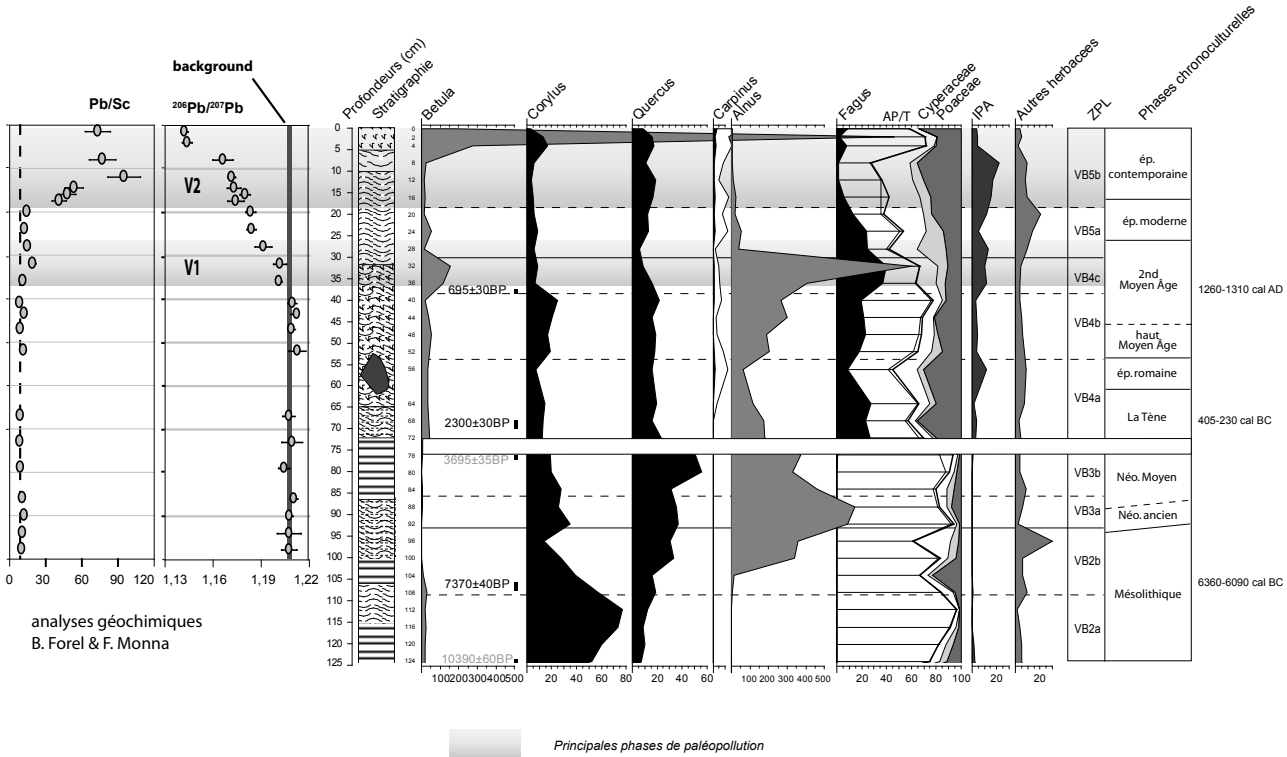



**Fig. 2.28.** Tourbière du Verny-des-Brûlons - Résultats des analyses géochimiques (rapports Plomb/Scandium et $^{206}Pb/^{207}Pb$ et diagramme simplifié.

## Commentaire

Analyse des fig. A.20., A.21. et fig. 2.28.)

ZPL VB1

Les arbres sont très peu présents au début de la séquence litée et plus ou moins organique du Verny-des-Brûlons. Les principaux taxons représentés sont tout d'abord le saule (*Salix*) et le bouleau (*Betula*), puis le pin (*Pinus*) prend une place importante sur les échantillons suivants. Ce sont les Cypéracées (Cyperaceae) et les Poacées (Poaceae) qui dominent largement la représentation pollinique de cette zone. Ils sont accompagnés de pollen de steppiques héliophiles, notamment de l'armoise (*Artemisia*), ainsi que de l'oseille (*Rumex*), de potentilles (*Potentilla*), de reine-des-prés (*Filipendula*) et de Renonculacées (Ranunculaceae). Ces spectres polliniques sont en parfaite concordance avec la date située à 134 centimètres de profondeur, 11010 ± 60 BP [11040-10910] cal BC, qui permet d'attribuer cette phase de l'enregistrement à la fin du Tardiglaciaire, et plus précisément au début du Dryas récent. L'échantillon -140, qui présente un assemblage pollinique très différent des autres échantillons analysés dans cette zone, avec une

variété plus grande de taxons arboréens comme le noisetier (*Corylus*), le chêne (*Quercus*), l'orme (*Ulmus*) et le tilleul (*Tilia*), est très probablement pollué par du pollen remanié issu d'apports érosifs, et ne doit pas être pris en compte. La présence de micro-organismes aquatiques de type Volvocaceae (T128), est attestée tout au long la zone ; elle évoque la présence d'eau stagnante. Celle-ci est probablement seulement saisonnière, car la croissance de sphaigne (*Sphagnum*) est bien attestée à la fois par un pic de spores, mais aussi par la présence du parasite *Tilletia sphagni* (T27), strictement lié à la présence de cette bryophyte. Les mêmes niveaux sont marqués par l'identification de *Sordaria* (T55a), qui montre le caractère eutrophe du sédiment argilo-organique qui compose cette partie de la séquence. Enfin, il faut noter l'abondance des micro-charbons sur les lames polliniques (sauf dans l'échantillon analysé le plus profond), qui est corrélée à la présence d'ascospores d'un champignon carbonicole, *Neurospora crassa* (T55C), relativement abondant dans les deux derniers échantillons, et indiquant probablement une certaine proximité des feux par rapport à la zone de dépôt.

**ZPL VB2**

La première partie de zone (ZPL VB2a) est marquée par l'apparition et l'expansion du noisetier. Les courbes de chêne et d'orme connaissent une progression parallèle mais dans de moindres proportions. Le taux de pollen de bouleau reste stable, alors que le saule tend à disparaître et que le pin faiblit régulièrement. Avec l'augmentation du noisetier et des autres taxons arboréens, la représentation de la strate herbacée décroît de façon spectaculaire. Parmi les taxons présents durant la phase précédente, seuls les Renonculacées augmentent légèrement. Tout au long de la phase 4a, les MNP sont extrêmement rares et peu diversifiés. Les seuls à être présents constamment ont un caractère aquatique affirmé : il s'agit toujours des Volvocacées (dont les restes sont moins nombreux qu'en zone 1) et de zygospores d'algues vertes du genre *Mougeotia* (T61). La rupture de l'enregistrement pollinique entre cette phase et la phase précédente montre clairement l'existence d'un hiatus sédimentaire. Les spectres polliniques de la ZPL 2a où domine le noisetier sont caractéristiques de la biozone du Boréal. On constate donc l'absence d'enregistrement du Préboréal -qui devrait être dominé par le pin- et peut-être même une lacune concernant la fin du Dryas récent et du début du Boréal. Suite au hiatus qui sépare les ZPL 1 et 2, le début de la zone pollinique est difficile à dater car la date effectuée à 124 cm de profondeur : 10390 ± 60 BP [11040-10910] cal BC, ne peut être retenue pour établir la chronologie de la séquence. Cette

datation, qui se rapporte encore au Dryas récent, est beaucoup trop ancienne. Il est probable que l'échantillon analysé ait été trop proche de la zone de rupture et donc contaminé par du matériel de la phase précédent le hiatus ; du matériel probablement issu d'une phase érosive affectant le bassin versant et entraînant dans la zone humide des matériaux organiques plus anciens. Il semble toutefois que la sédimentation ait repris relativement tôt au cours du Boréal si l'on se réfère à la progression régulière de la courbe du noisetier et à la faiblesse de représentation du chêne et de l'orme au début de la zone.

La phase suivante, 2b, enregistre une baisse notable du taux de noisetier. Elle est accompagnée par une légère baisse du bouleau, avec un démarrage un peu plus tardif. Les taux de chêne, d'orme et de pin restent stables, mais on peut observer l'apparition et l'augmentation sensible des courbes de tilleul et de frêne. La baisse du taux des taxons arboréens semble profiter en premier lieu aux graminées sauvages (Poaceae), mais il faut aussi noter en début de zone un pic de la courbe de mélampyre (*Melampyrum*). La date radiocarbone située au cours de la phase 2b à 106 cm de profondeur, attribuée à la fin du 7$^{e}$ millénaire avant notre ère (7370 ± 40 BP, [6376-6087] cal BC), indique que les derniers niveaux de la zone concernent déjà le début de la biozone de l'Atlantique ; une transition confirmée par la présence grandissante des taxons de la chênaie mixte.

**ZPL VB3**

Alors que le taux de noisetier continue à chuter en début de zone 3a, les taxons de la forêt mésothermophile ne cessent de prendre de l'importance : la courbe du chêne passe de 15% à 40 % du début à la fin de la zone ; le tilleul et le frêne se stabilisent autour de 10%. L'aulne (*Alnus*), apparu en fin de zone précédente, connait aussi un développement spectaculaire probablement en relation avec le développement d'une aulnaie locale. Enfin, en fin de zone, on note une remontée du taux de noisetier. Les graminées sauvages tout comme les Cyperacées sont très faiblement représentées, on note seulement un léger pic des graminées au dernier échantillon de la zone. En revanche, la courbe des renonculacées connait un pic majeur situé à 96 cm de profondeur. Les spores de fougères qui sont très fortement représentées sur l'ensemble de la zone 3 connaissent au même niveau une chute ponctuelle importante. Ces deux événements concordants traduisent probablement un changement des conditions écologiques au niveau de la zone

humide, une évolution à laquelle correspondent à la fois un arrêt dans le développement de la représentation de l'aulnaie et une représentation plus faible du noisetier.

La zone 3b est marquée par une importante hausse du taux de chêne qui avoisine rapidement les 50%. Alors que les courbes du frêne et du tilleul restent stables, celles du noisetier et de l'orme ont tendance à baisser, et l'on note aussi les premières occurrences du hêtre (*Fagus*). Le houx (*Ilex*), discrètement présent lors des phases précédentes, augmente pour atteindre un pic de représentation de presque 10% dans l'échantillon -76. La représentation de l'aulnaie, si elle est encore importante, connait une décroissance régulière. La strate herbacée est ici toujours faiblement représentée, les courbes des Poacées et Cypéracées se retrouvent proches de zéro en fin de zone. Seuls le mélampyre et la reine-des-prés ont une représentation constante. Une datation réalisée aux profondeurs -76/-77 donne une estimation pour la fin de cette zone, qui se situe à la transition entre le 3$^{e}$ et le 2$^{e}$ millénaire avant notre ère, c'est-à-dire dans la première moitié du Bronze ancien et dans le courant du Subboréal. Cette date n'est pas cohérente avec l'enregistrement pollinique, encore dominé par les taxons de la chênaie mixte et où le hêtre n'est représenté que par la présence de 2 ou 3 grains de pollen. Cet assemblage pourrait éventuellement évoquer le tout début du Subboréal, qui dans le Morvan voit une installation tardive du hêtre, mais en aucun cas le cœur de la chronozone, et il semble que malheureusement cette date, comme la précédente, ne puisse être utilisée pour établir la chronologie de la carotte. Même si l'on ne peut déterminer la fin exacte de cette partie de l'enregistrement on sait toutefois que la zone couvre une grande partie de la période néolithique. Elle est caractérisée sur cette séquence du Verny-des-Brûlons par l'absence totale d'indices polliniques et non polliniques de la présence de l'Homme. Enfin, les résultats de l'analyse géochimique, qui débute avec cette zone VB 3, montrent que le rapport Pb/Sc ne varie pas et que le rapport isotopique $^{206}Pb/^{207}Pb$ reste au niveau du bruit de fond naturel entre 1,20 et 1,21.

**ZPL VB4**

Un hiatus sédimentaire révélé par l'enregistrement pollinique sépare à nouveau cette phase de la précédente. La date située en début de séquence permet de dater la reprise de l'accumulation tourbeuse au début du second âge du Fer ([405-230] cal BC), ce qui représente un hiatus de plus de deux millénaires si l'on considère que la zone précédente s'interrompt à la fin de l'Atlantique. C'est alors l'ensemble du Subboréal et le début du Subatlantique qui ne sont pas renseignés,

soit le Néolithique récent, l'âge du Bronze et le premier âge du Fer. Les spectres polliniques sont marqués par l'apparition d'une courbe continue du hêtre, qui dépasse 25% dès le début de la zone. A l'inverse les taxons de la chênaie mixte mésothermophile chutent considérablement. Le bouleau est à nouveau bien représenté et l'aulne, dont le pollen est toujours présent en quantité, voit toutefois sa courbe diminuer tout au long de la zone. Le charme (*Carpinus*) et le châtaignier (*Castanea*) apparaissent en seconde partie de zone 4a. Une hausse constante et importante du taux de graminées sauvages marque cette zone, et pour la première fois le pollen de plantes cultivées et d'apophytes est présent. Les céréales de type blé orge et/ou avoine (*Cerealia-type*) apparaissent dès le premier échantillon de la zone. Elles sont rejointes par le pollen de seigle (*Secale-type*) et de chanvre (*Cannabis-type*), et même par une occurrence de sarrasin (*Fagopyrum*) en fin de période. De manière générale la présence des marqueurs d'anthropisation s'intensifie tout au long de la zone et le dernier échantillon (-56) marque un pic dans la présence des IPA, plantes cultivées et apophytes, principalement le plantain lancéolé et l'oseille. On remarque la même tendance pour la potentille. Cette fin de zone, qui enregistre une chute importante du hêtre, voit aussi l'apparition d'un cortège de MNP beaucoup plus important et diversifié que sur l'ensemble des échantillons précédents. On y retrouve, comme en début de zone, des globoses de Volvocacées, quelques ascospores de parasites du bois *Byssothecium circinans* (T16) et *Ustulina deusta* (T44), où encore la présence concordante de deux parasites de la linaigrette engainée, T18 et T4 *Anthostomella fuegiana*. Mais surtout, on note la relative importance des Sordariales (T55a) et de *Chaetomium* sp. (T7a) qui, même s'ils ne sont pas des coprophiles stricts, vont néanmoins dans le sens d'une intensification de la pression anthropique. Les activités humaines mises ici en évidence sont aussi accompagnées d'indices de feux illustrés par la présence relativement importante de micro-charbons dans les palynofaciès. L'analyse des isotopes du plomb et celle de sa concentration au cours de la zone 4a ne révèlent toujours pas d'apports atmosphériques de micropolluants métalliques. Toutefois, il faut noter que la présence d'un morceau de bois n'a pas permis l'analyse géochimique des niveaux compris entre 60 et 50 cm, un biais qui n'a pas non plus permis un échantillonnage aussi fin de l'analyse pollinique que sur le reste de la séquence. Même si la chronologie de la carotte est ici difficile à cerner, on peut raisonnablement considérer que la zone 4a couvre en partie le second âge du Fer et l'Antiquité romaine.

La ZPL VB4b est caractérisée par le retour des taux de hêtre autour de 20%. La stabilité de la courbe du hêtre est accompagnée d'une présence relativement importante, et tout aussi stable, du noisetier, du chêne et du bouleau. Même l'orme, le tilleul et le frêne font leur réapparition ; l'aulnaie reprend régulièrement de l'importance. L'augmentation du couvert forestier est accompagnée d'une légère diminution des graminées sauvages. Il en est de même pour les rudérales qui dominaient au cours de la phase précédente, soit le plantain lancéolé et l'oseille. Toutefois, les IPA sont toujours présentes tout au long de la zone. Concernant les plantes cultivées, on remarque une première partie de zone marquée par la présence des céréales de type blé, orge et/ou avoine, ainsi que du chanvre. En seconde partie de zone, c'est le pollen de type seigle qui les remplace. Concernant le reste de la strate herbacée, on observe une diminution en quantité et diversité des taxons, à l'instar des potentilles qui diminuent jusqu'à disparaître. Les spores de fougères, à l'inverse reprennent de l'importance. Les microfossiles non-polliniques qui avaient commencé à apparaître en fin de zone précédente continuent à être présents, voire augmentent franchement comme *Byssothecium circinans* (T16), dans les derniers échantillons de la zone. Ce phénomène, accompagné de la présence de spermatophores de *Copepoda* (T28) et de Sordariales, évoque des conditions plutôt humides et mésotrophes dans la tourbière, où la présence constante de la linaigrette engainée est illustrée par les occurrences du type 18. Les analyses géochimiques n'indiquent toujours pas d'apport atmosphérique de micropolluants métalliques. Cette phase de la séquence, que l'on peut attribuer au Moyen Âge, n'est pas marquée par une emprise humaine très importante : si les indices d'agriculture sont présents, ils ne sont pas corrélés à des attaques perceptibles du couvert forestier, ni à la présence de champignons coprophiles, laissant deviner une certaine distance des activités humaines par rapport à la zone de dépôt.

La dernière phase de la zone 4 (ZPL 4c) enregistre une augmentation considérable du bouleau et de l'aulne. A l'inverse on observe une chute du pollen de noisetier et de chêne, ainsi que la disparition complète de l'orme, du tilleul et du frêne. En revanche, le hêtre, avec des taux de presque 40%, atteint ici sa plus forte représentation. Malgré cette augmentation, la représentation pollinique de la forêt diminue légèrement, de même que les Poacées, et ce sont les Cypéracées qui connaissent une augmentation sensible. Tous les taxons indices d'activités humaines sont en augmentation par rapport à la zone précédente. Au niveau des MNP, ce sont les parasites du bois qui dominent, ainsi que les Sordariales qui sont en augmentation par rapport à la zone

précédente. Le premier véritable indice de pollution anthropique apparaît à 35 cm de profondeur, avec une variation du rapport $^{206}Pb/^{207}Pb$ qui s'éloigne de la valeur du bruit de fond et un rapport Pb/Sc qui augmente pour la première fois (V1). Le début de la pollution peut être situé entre le XIII$^{e}$ et le XIV$^{e}$ siècle de notre ère, d'après la date de [1270-1390] cal AD réalisée un peu plus bas dans la séquence (38,5/-37,5 cm de profondeur). Ces indices de pollution atmosphérique sont perceptibles tout au long de la zone 4c, soit environ du XIV$^{e}$ au XVI$^{e}$ siècle.

**ZPL VB5**

Une rupture franche dans le comportement des courbes des taxons arboréens sépare cette zone de la précédente. Dès le début de la ZPL 5a, la chute la plus spectaculaire est celle de l'aulne, mais le saule et le bouleau suivent une dynamique identique. Le hêtre aussi va chuter mais de façon plus progressive tout au long de la zone 5. Le charme et le châtaignier connaissent ici leur plus forte représentation. Un pic d'une ampleur sans précédent touche l'ensemble des plantes cultivées et des apophytes. Les taux des graminées sauvages sont en constante augmentation ; mais l'augmentation la plus importante en zone 5a est celle des Cypéracées. Alors que les pourcentages de hêtre chutent et que les indices d'anthropisation atteignent leur maximum, les analyses géochimiques montrent une augmentation sans précédent du rapport Pb/Sc et une modification de la signature isotopique qui se rapproche de la valeur 1,16 (V2).

La courbe du bouleau connait une augmentation spectaculaire au cours de la ZPL 5b. Le pic situé à 2 cm de profondeur est aussi corrélé à la présence en nombre de stomates de cette même essence sur la lame pollinique. La proximité d'un bouleau est probablement à l'origine de cette surreprésentation ponctuelle, dans un environnement actuel dans lequel cette essence est très présente, la tourbière présentant un stade terminal d'évolution. Le hêtre reste faiblement représenté au côté du noisetier et du chêne relativement stables ; le pollen de résineux prend une part grandissante, tout d'abord le pin, suivi de l'épicéa (*Picea*) et du sapin (*Abies*). Il faut aussi noter un fort pic dans la courbe de callune (*Calluna*), qui est absente de la plupart des autres zones, alors que le pollen de Cypéracées diminue de façon drastique, jusqu'à quasiment disparaître des derniers échantillons. Globalement, les taux de pollen de graminées sauvages continuent à augmenter. On peut imaginer qu'il s'agit en grande partie du pollen de molinie (*Molinia caerulea*) qui envahit aujourd'hui les zones ouvertes et évoluées de la tourbière. La présence d'une molinaie est corroborée par un pic d'ascospores de type 494, un taxon qui n'est formellement indentifié,

mais qui semble associé à la présence de touradons de molinie. Par ailleurs, le pollen des plantes cultivées, céréales, chanvre et sarrasin tend à disparaître, de même que le pollen de plantes rudérales. Seule exception le pic important de pollen de plantain lancéolé (18%) dans l'échantillon -8. Celui-ci est aussi marqué par la présence de champignons coprophiles : *Sordaria* (T55a), *Podospora* (T368) et *Chaetomium* sp. (T7a) La tourbière fait certainement partie d'une zone de pacage lors de cette période subactuelle, une fréquentation pastorale favorisant la croissance du plantain et l'eutrophisation du milieu. Par ailleurs, c'est aussi le dernier niveau où l'on observe la présence abondante de micro-charbons sur les lames polliniques. Leur présence est vraisemblablement liée à des pratiques de feux, qui ont dû être importantes à la période contemporaine puisque de véritables lits de charbons ont pu être observés à plusieurs reprises sous l'épaisseur de terre végétale, dans les prairies environnant la tourbière (communication orale E. Fédoroff).

**Synthèse**

La séquence du Verny-des-Brûlons bien qu'affectée de deux hiatus importants couvrant plusieurs millénaires, apporte un enregistrement original des périodes qu'elle couvre. Son analyse à la fois pollinique et géochimique a permis également d'identifier différentes phases d'activités paléométallurgiques du haut Moyen Âge jusqu'à nos jours. Ces résultats, confrontés à ceux obtenus sur les deux autres sites du Morvan ayant fait l'objet du même protocole d'analyse (Port-des-Lamberts et Grand-Montarnu), ont été publiés récemment (Jouffroy-Bapicot *et al.* 2008).

La tourbière du Verny-des-Brûlons, fait partie des sites du Morvan central dont le remplissage débute au Tardiglaciaire. Toutefois la datation précise et l'interprétation des échantillons les plus profonds est délicate à cause de la présence de pollutions du contenu pollinique. La fin de la ZPL1 documente plus clairement une partie du Dryas récent, période durant laquelle le pin garde une certaine importance et où les indices de feux sont continuels.

Suite au premier hiatus, la séquence présente l'unique enregistrement quasi-complet de la biozone du Boréal. Elle est ici marquée par la présence constante du chêne et de l'orme, au côté de taux de noisetier qui atteignent 80% en fin de période (ZPL2a). La transition avec la phase de l'Optimum climatique de l'Atlantique se fait sans hiatus apparent ; toutefois, cette phase est marquée par une ouverture locale du milieu qui est corrélée à un pic de mélampyres et à une hausse des graminées sauvages. On remarque alors la présence de quelques grains de pollen de

graminées ayant les caractéristiques morphologiques des céréales. Cet événement, bien datée par une date $^{14}C$ (7370 ± 40 BP), se place au cours du Mésolithique, et son interprétation en termes d'éventuel impact anthropique sera discuté au cours de la synthèse (chap. 3.3.2.1.). Ce n'est qu'ensuite que l'on assiste à la réelle expansion de la chênaie mixte méso-thermophile, au sein de laquelle le frêne montre une représentation équivalente à celle du tilleul (ZPL 2b et 3), et une aulnaie se développe de façon contemporaine. La fin de la ZPL 3a ainsi que la zone 3b couvrent au moins la première moitié du Néolithique et cet enregistrement montre l'absence d'indices polliniques et non-polliniques d'anthropisation. La séquence du Verny-des-Brûlons est ainsi la seule sur l'ensemble du massif du Morvan qui n'ait enregistré aucune trace d'activités agro-pastorales pour la période concernant le Néolithique ancien et le Néolithique moyen, lorsque celle-ci est présente dans l'enregistrement sédimentaire.

En revanche, après le second hiatus, soit à partir du second âge du Fer, les indices polliniques d'anthropisation sont constamment présents. Les marqueurs polliniques et non-polliniques montrent une phase durant laquelle les impacts des activités humaines sur le couvert végétal sont relativement bien marquées, correspondant au second âge du Fer et l'époque romaine (environ du III$^{e}$ siècle avant notre ère jusqu'au III$^{e}$ siècle de notre ère). Bien que des épisodes de défrichements soient enregistrés, les données géochimiques n'évoquent toujours pas d'indices de paléopollutions (ZPL 4a). Dans cette séquence, la présence d'un morceau de bois n'a pas permis l'analyse géochimique entre 60 et 50 centimètres de profondeur, soit pour une période qui correspond à l'époque gallo-romaine. Si les données archéologiques d'occupation pour La Tène sont assez rares, pour l'époque romaine, en revanche, plusieurs voies antiques et des vestiges d'activité de métallurgie du fer ont été retrouvés dans l'environnement proche de la tourbière (Bigeard 1996). Le territoire de la commune de Saint-Agnan se situe en extrémité occidentale du district sidérurgique antique du Morvan-Auxois, largement étudié par M. Mangin et son équipe (Mangin et Keesmann 1992), et trois sites d'ateliers y ont été identifiés. Les scories retrouvées au hameau des Michaux par exemple, ne se trouvent qu'à un peu plus d'un kilomètre de la tourbière. En ce qui concerne l'impact sur la forêt de cette métallurgie gallo-romaine, on peut imaginer qu'elle a sa part dans la chute importante du taux de hêtre enregistrée en fin de zone. Quant à l'éventualité des paléopollutions associées pour cette période, à cause de la lacune dans

cet enregistrement, la question sera abordée d'un point de vue global dans un prochain chapitre (chap. 3.3.2.4.).

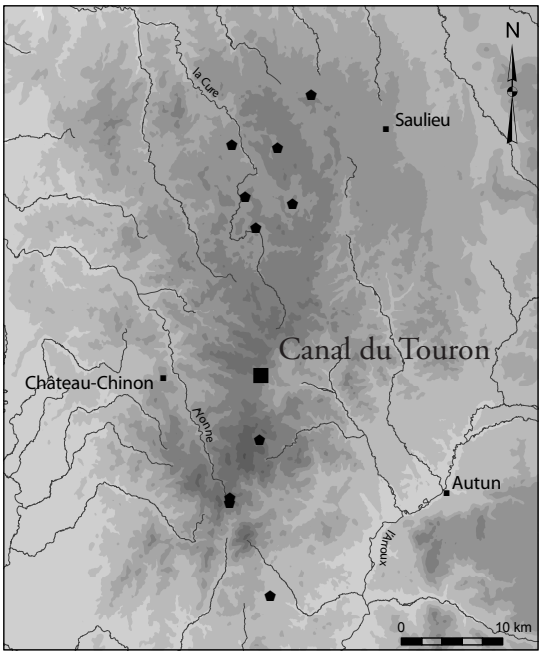
Les premières traces indiscutables d'apports de micropolluants métalliques d'origine atmosphérique n'apparaissent qu'au cours du Moyen Âge central, à partir du XIV$^{e}$ siècle de notre ère (V1). Après une phase durant laquelle la représentation de la forêt reprend de l'importance, mais où les indices agro-pastoraux ne sont pas pour autant absents, l'enregistrement pollinique montre au même moment une attaque du couvert forestier qui touche principalement le chêne et peut-être le noisetier. Cet épisode de déforestation épargne le hêtre dans un premier temps (ZPL VB4c), il faut attendre la fin de la première phase de paléopollution pour voir une chute concomitante de l'ensemble des taxons arboréens. Celle-ci est aussi en lien avec une intensification sans précédent des indices polliniques et non-polliniques d'activités agro-pastorales.

Durant une période que l'on peut situer à la fin du Moyen Âge et en grande partie à l'époque moderne, l'apport de plomb exogène dans la tourbière semble s'interrompre. Le hêtre chute alors de façon inexorable, avec le développement de l'exploitation de la forêt morvandelle pour le bois de chauffe à destination de Paris (VB5a). C'est aussi à ce moment que l'aulne chute de façon drastique. L'augmentation simultanée des taux de Cypéracées plaide en faveur d'une hausse du niveau d'eau dans la tourbière défavorable à l'aulnaie et propice à l'installation d'une cariçaie. Ces perturbations des conditions hydrologiques locales sont à mettre en relation avec l'aménagement de l'étang voisin comme retenue d'eau pour le flottage du bois de chauffe, un aménagement du réseau hydrographique du Morvan qui prend de l'ampleur à partir du XVI$^{e}$ siècle (Benoit *et al.* 2004, Vigreux 1994).

Enfin, une seconde phase, qui combine indices d'anthropisation (VB5b) et paléopollutions (V2), va cette fois affecter la fin de l'époque moderne et se poursuivre jusqu'à époque actuelle. Les analyses géochimiques montrent une augmentation sans précédent du rapport Pb/Sc et une modification de la signature isotopique qui se rapproche de la valeur 1,16 en allant vers surface. Trois étapes vont se succéder au cours de la période récente. La première est marquée par une présence importante des plantes cultivées, le pollen de hêtre a alors quasiment disparu, et la tourbière semble envahie par la callune. On se situe probablement au XIX$^{e}$ siècle, alors que l'activité de flottage touche à sa fin et qu'elle laisse la hêtraie morvandelle dans un état de dégradation avancée. Une courte deuxième phase, correspondant certainement à la première moitié du XX$^{e}$

siècle, est caractérisée par la disparition quasi complète des cultures et une augmentation importante des marqueurs polliniques et non polliniques de fréquentation pastorale. Enfin, durant la dernière phase, le bouleau s'installe localement et les résineux prennent une place prépondérante dans l'environnement proche. Les IPA ainsi que les champignons coprophiles disparaissent, ces derniers étant remplacés par des micro-organismes plutôt typiques de tourbières bombées comme l'amibe à thèques *Assulina muscorum* qui supporte les assèchements saisonniers de la tourbière évoluée (Schnitchen *et al.* 2003).

## 2.3. AUTRE SITE ANALYSÉ : LE CANAL DU TOURON




*Arleuf (Nièvre)*

Forage : octobre 2001

Coordonnées géographiques : 47° 03’ 28” N

04° 02’ 41” E

Altitude : 640 m

Le Canal du Touron est une structure fossoyée linéaire aux dimensions impressionnantes : pas moins de 500 mètres de longueur pour environ 15 mètres de largeur. Il est situé sur la commune d’Arleuf (58), en bordure d’une petite zone dépressionnaire qui forme une cuvette entre le haut Morvan montagnard et le Morvan des collines (fig. 2.29 et photo 2.1). Plusieurs hypothèses ont été émises pour interpréter cette structure. L. Olivier (1983), par exemple, proposait d’y voir un aménagement antique destiné à constituer une réserve d’eau propre à rendre l’Arroux navigable, une hypothèse soumise toutefois avec réserve en l’absence de données archéologiques. Mais l’interprétation la plus communément admise est celle d’une retenue d’eau creusée pour le flottage à l’époque moderne. Il est vrai que le canal a été utilisé en association avec l’ancien étang du Touron situé à proximité pour grossir le débit du Touron (Rezé 2002), et les vestiges d’une digue aménagée à environ 100 m de la limite est de la tranchée sont encore visibles. Elle a pu être observée lors du travail de prospection réalisé en octobre 2001 avec les étudiants du DESS Archéosciences (Collectif 2001). Sa construction a été réalisée, au moins en partie, avec des matériaux issus du creusement comme semble en attester la dépression « en carrière » située dans le cordon de déblai au droit de la tranchée. Des pieux en bois de chêne conservés dans l’eau et faisant partie d’un système de bonde à vanne ont été prélevés pour être datés par dendrochologie. Malheureusement, une séquence de cernes particulièrement minces (0,5 mm) perturbent la série et rendent impossible le processus de datation (communication orale O. Girardclos). Une seconde digue ferme la structure à son extrémité occidentale. Toutefois, si le Canal du Touron

a indiscutablement fait partie d'un dispositif d'apport d'eau pour le flottage à l'époque moderne, l'hypothèse de son creusement à cette fin est beaucoup plus improbable. Il n'existe aucun aménagement comparable dans le Morvan où les réserves d'eau prennent la forme d'étangs constitués par des barrages aménagés en tête de bassin (Rezé 2002). Les évaluations effectuées au pénétromètre lors du stage Archéosciences montrent l'ampleur de ce creusement qui atteint des profondeurs situées entre 8 et 10 mètres. L'hypothèse des archéologues qui est de voir dans cette tranchée les vestiges de l'exploitation d'une minière à ciel ouvert est alors la plus plausible. Le contexte géologique est aussi en faveur de cette interprétation, car l'orientation du creusement est la même que celle d'un système de faille à remplissage de filons de quartz minéralisés qui présentent un potentiel métallogénique à or et plomb argentifère. Les prospections menées par C. Tamas, archéologue minier et gîtologue à l'Université Babes-Bolyai de Cluj-Napoca en Roumanie, ont confirmé cette interprétation en mettant en avant les caractéristiques morphologiques de l'excavation comme le résultat de l'exploitation minière à ciel ouvert, notamment avec la présence de haldes qui bordent le creusement (Tamas et Cauuet 2004). Toutefois, en l'absence de fouilles, il n'est pas encore possible de savoir quel minerai y a été exploité, ni de quand date cette exploitation que l'on sait antérieure à l'époque de l'apogée du flottage (XVII$^{e}$-XVIII$^{e}$ siècles). Deux objectifs majeurs ont alors motivé la réalisation d'un carottage dans le remplissage du canal du Touron. Le premier et le plus essentiel était de dater son creusement, ou plus précisément d'en proposer une borne *antequem* en datant le début de son remplissage. Le second objectif était de fournir une séquence pour l'étude paléoécologique dans une zone intermédiaire



**Photo 2.1.** Vue du Canal du Touron




**Fig. 2.29.** Localisation du Canal du Touron sur la commune d'Arleuf.
Carte au 1/25000e de l'IGN




**Photo 2.2.** Stratigraphie de la séquence analysée, entre 0-100 m de profondeur.

entre le groupe constitué par les tourbières du haut Morvan au sud, et celui du Morvan des collines au nord.

Après une série de tests effectués au pénétromère et à la sonde russe de petit diamètre (3 cm) à la main, une zone proche de l'extrémité orientale, relativement accessible et présentant des phases de remplissage organique, a été choisie pour réaliser une carotte à l'aide du carottier mécanique APAGEO du laboratoire Chrono-environnement. Une séquence de 2 mètres 35 a été obtenue. La partie la plus profonde du remplissage, jusqu'à 92 cm de profondeur, est constituée d'arène granitique. L'analyse pollinique n'a donc été entreprise qu'à partir de cette profondeur, dans un remplissage sédimentaire où alternent, argiles, sables et graviers, avec des passées plus organiques et franchement tourbeuses (photo 2.2. et fig. 2.30.)

**La séquence sédimentaire :**

**Tableau 2.21.** Datations radiocarbone AMS

| Profondeurs (cm) | Matériel | Code labo | Âge $^{14}$C BP | Dates calibrées BC-AD (2 sigma) |
|---|---|---|---|---|
| 33.5-31.5 | tourbe | Ly-2460(Poz) | 215±35 BP | Postérieur 1650 cal AD |
| 96-94 | tourbe | Ly-2461(Poz) | 260±40 BP | 1521-1799 cal AD |
| 133-131 | tourbe | Ly-2462(Poz) | 620±40 BP | 1292-1408 cal AD |
| 170-168 | macro-restes | Poz-12001 | 2325±30 BP | 490-230 cal BC |
| 188-192 | macro-restes | Poz-12003 | 1990±30 BP | 50 cal BC-80 cal AD |

Datations réalisées au Centre des Sciences de la Terre à Lyon (Ly), calibrée à CALIB 4.1.3 (Stuiver, 1998) et au Poznan Radiocarbon laboratory - Pologne (Poz) et calibrée avec Oxcal v3.10 (Bronk Ramsey 2005, Reimer 2004)

Cinq datations radiocarbone ont été réalisées sur cette carotte. Les deux dates les plus profondes ne règlent malheureusement pas définitivement la question de la chronologie du creusement et du début de remplissage de la tranchée. Tout d'abord, il faut préciser que ces dates ont été réalisées dans des niveaux d'argiles où la matière organique et les macro-restes végétaux appropriés pour la datation par le radiocarbone sont extrêmement rares. Comme le montre le tableau ci-dessus et la figure CT1, la date la plus profonde est plus récente que celle qui est située quelques 20 cm au dessus. Une interprétation possible de cette inversion est d'estimer que le matériel daté à 170-168 centimètres de profondeur serait issu d'apports érosifs provenant des haldes qui bordent l'excavation. Cette chronologie serait alors en accord avec un scénario qui placerait l'exploitation minière au cours du second âge du Fer (sans que l'on puisse se permettre d'être plus précis)

et un arrêt des extractions à la fin du Ier siècle avant notre ère qui aurait permis le début du remplissage autour du changement d'ère, et donc au début de l'époque gallo-romaine. Cette attribution chronologique semble aussi relativement cohérente avec les dates postérieures, notamment avec celles relatives au XIVe siècle à 131-133 cm de profondeur, et à une période comprise entre le XVIe et le XVIIIe siècle à 95 cm de profondeur. Mais, les éléments dont on dispose ici ne sont pas suffisants pour entériner avec certitude cette hypothèse. Toutefois, ils repoussent dans le temps le creusement du « canal » du Touron à une époque antérieure au Moyen Âge.

Malgré les alternances tranchées qui caractérisent cette séquence, avec des passées manifestement détritiques à forte teneur minérale, la conservation des grains de pollen et des spores était satisfaisante et elle a permis une analyse continue de la séquence.

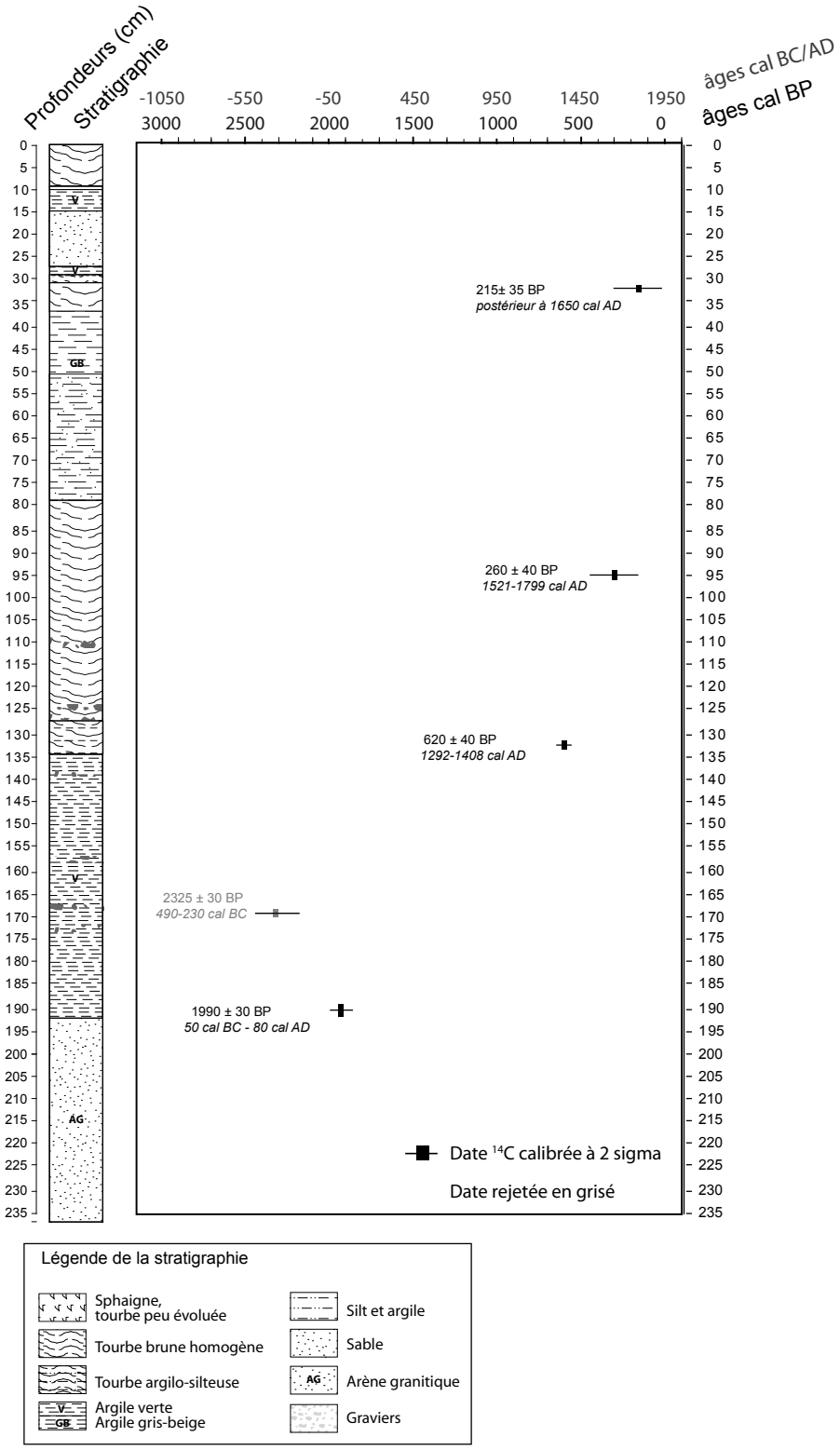



**Fig. 2.30.** Stratigraphie de la carotte du Canal du Touron et situation des datations radiocarbone

| ZPL | Prof. cm | Strate arborescente | Strate herbacée |
|---|---|---|---|
| ***CT 6*** | 8 | - nouvelle chute de *Fagus* en dessous de 5% en début de zone<br>- augmentation de l'ensemble des taxons arboréens en arrivant vers la surface et disparition des arbustes | - stabilité des Poaceae, mais disparition des Cyperaceae<br>- quelques grains de *Cerealia*-type ; disparition de Secale et de *Cannabis*-type<br>- pic de *Filipendula*<br>- disparition de *Potamogeton* |
| ***CT 5b*** | 31 | - augmentation rapide et durable de *Fagus* à nouveau entre 30 et 35% | - représentation irrégulière des Cyperaceae, surtout importants en fin de zone<br>- forte augmentation de *Potamogeton* hormis à -18 cm |
| ***CT 5a*** | 49 | - chute continue et drastique de *Fagus* à 3% en fin de zone<br>- petits pics de *Quercus* et *Pinus* en fin de zone<br>- présence régulière de *Castanea* et *Juglans* | - pic de Cyperaceae et augmentation régulière des Poaceae<br>- légère augmentation de *Cerealia*-type et *Secale*, puis accompagnées de *Cannabis* ; occurrences régulières de *Fagopyrum*<br>- occurrences régulières de messicoles, augmentation de *Rumex* |
| ***CT 4*** | 71 | - augmentation sensible des taux de *Fagus*<br>- légère baisse de *Quercus*<br>- légère augmentation d'*Alnus*<br>- *Castanea* tend à disparaître<br>- *Calluna* continue à augmenter | - baisse des Poaceae, légère hausse des Cyperaceae en fin de zone<br>- baisse de *Cerealia*-type ; *Secale* reste constant autour de 1%<br>- courbe continue de *Potamogeton* en 2nde moitié de zone |
| ***CT 3*** | 83 | - taux de *Fagus* toujours autour de 40%<br>- *Castanea* et *Juglans* constants<br>- augmentation des Ericaceae, notamment *Calluna* | - les Poaceae oscillent entre 10 et 15%<br>- bonne représentation de *Cerealia*-type et *Secale*<br>- petits pics de *Filipendula* et des Apiaceae<br>- forte augmentation de spores monolètes en début de zone |
| ***CT 2b*** | 101 | - nette baisse des taux de *Fagus*<br>- légère augmentation des autres principaux taxons : *Quercus*, *Salix* et *Betula*<br>- présence continue de *Pinus*, *Carpinus* et *Juglans*<br>- augmentation des arbustes : *Calluna*, *Rosa*… | - augmentation légère mais régulière des Poaceae, pic de Cyperaceae en début de zone<br>- première occurrence de *Fagopyrum* et augmentation des apophytes, *Plantago lanceolata*, *Rumex*, Urticaceae<br>- légère augmentation des spores monolètes |
| ***CT 2a*** | 129 | - représentation des arbres toujours dominante, prépondérance de *Fagus* qui chute ponctuellement à -124 cm<br>- apparition de *Juglans* et occurrences plus régulières de *Castanea*<br>- légère augmentation de *Carpinus* | - stabilité des taux de Poaceae autour de 10%<br>- augmentation régulière des taux de *Cerealia*-type, représentation équivalente de *Secale* et apparition de *Cannabis*-type |
| CT 1c | 145 | - baisse légère mais continue du total des arbres<br>- chute ponctuelle de *Fagus* à -140 cm<br>- augmentation de *Salix* et *Alnus* en début de zone<br>- baisse des taux de *Corylus* et *Quercus* en seconde moitié de zone | - augmentation de *Secale*<br>- nette augmentation des pourcentages de spores monolètes |
| CT 1b | 173 | - pollen d'arbres toujours largement dominant<br>- taux de *Fagus* baissent en dessous de 60% en fin de zone<br>- légère augmentation de *Quercus*, *Pinus* et *Carpinus* en fin de zone | - représentation constante des Poaceae<br>- augmentation de la variété des autres herbacées<br>- légère augmentation de *Cerealia*-type en 1ère partie de zone et de *Secale* en 2e partie ; pollen de plantes apophytes peu important en quantité et en variété |
| CT 1a | 192 | - pourcentages de pollen d'arbres largement dominants<br>- *Fagus* nettement prédominant (entre 65 et 80%)<br>- présence discrète mais constante d'*Alnus*, *Corylus* et *Quercus* | - Poaceae assez stables autour de 10%<br>- peu d'autres herbacées<br>- présence discrète et régulière de pollen de céréales *Cerealia*-type et *Secale* et de *Plantago lanceolata*, sauf en fin de zone<br>- pic de spores trilètes en fin de zone |

**Tableau 2.22.** Description du diagramme pollinique, Zones Polliniques Locales (ZPL) (sens de lecture : de bas en haut). Diagramme A.22.

## Commentaire

Analyse de la fig. A.22.

### ZPL CT1

Les sédiments argileux de cette première partie de séquence, ZPL 1a, ont enregistré l'image d'un couvert végétal essentiellement forestier, dans lequel le hêtre (*Fagus*) tient une place largement prépondérante. Les autres essences arboréennes comme l'aulne (*Alnus*), le noisetier (*Corylus*) ou le chêne (*Quercus*) n'ont une représentation pollinique que très modeste, dépassant rarement les 10 %, alors que les taux de hêtre sont toujours au dessus de 60%. Les résineux et le charme sont extrêmement discrets. Malgré ce contexte très forestier, les traces d'activités agropastorales sont tangibles avec la présence régulière de grains de pollen de céréales de type blé, orge et/ou avoine, et de seigle. Quelques apophytes sont aussi enregistrées : du plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*) notamment, accompagné d'occurrences d'orties (Urticaceae), de chénopodes (Chenopodiaceae) et d'oseilles (*Rumex*). Le reste du couvert herbacé est assez peu important en quantité comme en diversité. Si l'on considère la date du début de l'accumulation sédimentaire, cette phase initiale peut être attribuée à l'époque gallo-romaine. Toutefois, comme il a été signalé ci-dessus, la date située 20 cm plus haut est plus ancienne, et la datation de ce début de séquence reste délicate.

La zone suivante, ZPL 1c est toujours marquée par une représentation dominante de la forêt. Même si les pourcentages de hêtre tendent à la baisse, celle-ci est compensée par une légère augmentation des taux de chêne, de bouleau et pin. La présence du charme s'affirme dans la durée, mais elle reste très marginale en quantité. On note une première occurrence de pollen de châtaignier (*Castanea*). La présence des plantes cultivées est constante mais toujours discrète, elle est restreinte aux céréales de type blé, orge et/ou avoine et de seigle. On note toutefois une légère augmentation de la diversité des taxons herbacés représentés. Cette deuxième subdivision de la première zone pollinique locale, qui se place dans la continuité de la précédente avec un impact anthropique ténu mais continu, pourrait être attribuée au haut Moyen Âge, en considérant que la date réalisée à 170 cm de profondeur est trop ancienne (voir ci-dessus) et que les deux qui l'encadrent sont acceptables.

**ZPL CT2**

La zone pollinique 2a correspond à un changement sédimentaire majeur : aux sédiments argileux succède un remplissage organique tourbeux. Cette zone est caractérisée par une très légère ouverture du milieu et une représentation plus irrégulière du hêtre. Le pin et le charme augmentent un peu et le noyer (*Juglans*) fait son apparition. La représentation des graminées sauvages, les Poaceae, reste relativement stable, toujours autour de 10%. En revanche, l'augmentation du pollen lié aux activités agro-pastorales est sensible. A côté des grains de pollen de céréales dont les taux augmentent légèrement par rapport à la zone 1, le chanvre (*Cannabis*-type) fait son apparition. L'échantillon -124 est particulièrement marqué par une baisse plus importante du hêtre, la présence de plantes cultivées et d'apophytes, mais aussi par la présence de messicoles comme le bleuet (*Centaurea cyanus*) et le coquelicot (*Papaver rhoeas*-type) qui marquent une certaine proximité des cultures par rapport au creusement. La présence de graviers dans la matrice tourbeuse évoque aussi des apports érosifs, certainement favorisés par l'ouverture locale de la forêt. Le début de cette phase est daté du XIV$^{e}$ par une date radiocarbone située entre 133 et 131 centimètres de profondeur.

En ZPL 2b, l'ouverture du milieu s'accentue nettement, conditionnée par la chute du hêtre. Le chêne ne semble pas affecté par les défrichements, les taux augmentant même légèrement. Cette situation n'implique pas forcément une augmentation en nombre de cette essence, mais elle est peut être due à une augmentation de sa pollinisation, favorisée par la diminution de la population de hêtre, et donc par une concurrence moindre (Troels-Smith 1981). L'ensemble des taux de plantes cultivées augmente et on note aussi une première occurrence de sarrasin. La faiblesse de la production et du pouvoir de dispersion du pollen de cette plante, atteste de la proximité de sa culture, pour une période qui pourrait concerner le début de l'époque moderne (XV$^{e}$-XVI$^{e}$ siècles) si l'on considère que la sédimentation tourbeuse est relativement régulière depuis la date située autour de 132 centimètres de profondeur.

**ZPL CT3**

Au cours de la troisième zone pollinique locale, la représentation du couvert forestier et celle des cultures restent au niveau de celle de la phase 2b. En revanche, un changement affecte les autres herbacées avec l'augmentation de la reine-des-prés (*Filipendula*), et celle des Apiacées. De plus, le diagramme est aussi marqué par un pic remarquable de spores monolètes, indiquant

l'augmentation de la présence de fougères. Cet assemblage peut correspondre à une modification de la végétation du fond du remplissage où une mégaphorbiaie semble s'installer et se développer. La nature du sédiment change aussi en cours de zone ; la tourbe est remplacée par de l'argile contenant une importante composante sableuse.

**ZPL CT4**

L'augmentation des taux de hêtre marque cette zone 4. Elle est accompagnée d'une hausse plus modeste des taux d'aulne et aussi de callune (*Calluna*) en ce qui concerne la strate arbustive basse. La part de la forêt progressant, les taux de graminées sauvages et de céréales de type blé, orge et/ou avoine diminuent dans le même temps. Mais le seigle reste constant et le chanvre régulièrement présent. Par ailleurs, la strate herbacée montre une diversité encore inégalée et les spores de fougères sont aussi assez variées. On note la présence de plantes aquatiques, particulièrement du potamot (*Potamogeton*) dont les taux forment une courbe continue à partir de la seconde moitié de la zone. D'après ces indices, on peut imaginer que l'excavation du Canal du Touron est plus durablement en eau. D'après les datations radiocarbone, cette phase se situe probablement entre le XVII$^{e}$ et le XVIII$^{e}$, dans tous les cas une période où le creusement était utilisé comme réservoir d'eau pour le flottage du bois. Mais dès lors, une datation précise est encore plus difficile qu'auparavant, et les risques de discontinuité et d'irrégularité sédimentaires sont encore accrus par l'utilisation de la structure pour le flottage.

**ZPL CT5**

Une chute forte et continue du couvert forestier marque la première partie de la zone (ZPL CT5a). Le hêtre, dont les taux diminuent de façon drastique, est touché par la déforestation. Les autres essences se maintiennent et leur courbe forme même un pic en fin de zone alors que le taux de hêtre chute en dessous de 5%. Les graminées sauvages augmentent légèrement, mais ce sont surtout les taux de Cypéracées qui prennent une nouvelle ampleur. Ce n'est pas seulement l'ouverture de la forêt qui favorise les apports régionaux, mais la présence de plantes messicoles et de sarrasin indique aussi que les abords de la tranchée étaient mis en culture. Une ouverture locale qui est aussi peut-être soulignée par les pics de Scrophulariacées, dans le sens ils peuvent traduire la présence de la digitale pourpre (*Digitalis purpurea*), plante emblématique des lisières et des clairières du Morvan, même si la détermination du pollen au rang de l'espèce n'a pas été possible. D'une manière générale, la strate herbacée est fortement représentée, le pourcentage

total atteignant son maximum autour de 60% en seconde moitié de zone. La variété des taxons aussi est remarquable. On note en outre des pics concomitants de Renonculacées, Brassicacées, Apiacées et dans une moindre mesure de reine-des-prés, qui indiquent à nouveau l'installation d'une végétation de type mégaphorbiaie dans le fond de l'excavation. La présence des potamots s'amenuise et une nouvelle phase d'accumulation tourbeuse succède aux dépôts majoritairement argileux, montrant un atterrissement du remplissage.

La seconde partie de la zone 5 (ZPL CT5b) montre à nouveau des apports sédimentaires plus érosifs où des phases argileuses et plus sableuses se succédent. Globalement, la représentation de la forêt reprend de l'importance, conditionnée par une hausse des taux de hêtre. Des phases marquées par la présence quasiment constante de l'eau sont indiquées par des passées d'argile verte et la forte présence du potamot. Les indices polliniques d'anthropisation restent nombreux et variés, mais ils tendent à s'amenuiser en fin de zone. Comme dans la première partie de la ZPL CT5a, la part des Cypéracées est importante, même si leurs taux fluctuent d'un échantillon à l'autre. On peut imaginer que cette zone pollinique locale 5 couvre en partie la période d'arrêt de la mise en eau de l'excavation avec le déclin du flottage au début du XIX$^{e}$ siècle (Bruley 1995, Guillot-Chêne 1979, Vigreux 1994). Le large intervalle d'incertitude temporelle de la dernière date radiocarbone réalisée autour de 32 centimètres de profondeur ne permet pas une grande précision chronologique, d'autant plus que l'alternance sédimentaire montre la présence d'évènements érosifs. Le passage à dominante sableuse situé entre -27 et -15 cm pourrait ainsi correspondre à un événement unique et les trois échantillons polliniques analysés (25, 22 et 18), aux caractéristiques très similaires, seraient alors quasiments contemporains.

**ZPL CT6**

Enfin, les 10 centimètres supérieurs de la carotte, composés de sédiments organiques tourbeux peu évolués, sont le reflet de la végétation actuelle : le couvert forestier est majoritaire, le chêne et le hêtre sont à peu près à parts égales et les résineux, pin, sapin (*Abies*) et épicéa (*Picea*) prennent une ampleur nouvelle. Le pollen de plantes cultivées a presque disparu, et l'on note la présence du maïs (*Zea mays*) et de l'ambroisie (*Ambrosia artemisiifolia*) en approchant de la surface. Un pic important de reine-des-prés marque aussi ce début de phase tourbeuse, alors que le potamot disparaît complètement. Les spectres polliniques montrent la formation du paysage actuel autour et dans le fond du Canal du Touron. On peut penser qu'ils couvrent probablement

au moins en partie le XX$^{e}$ siècle, d'après la présence de taxons introduits récemment comme l'ambroisie et d'après la présence des résineux replantés à partir des années 60 dans les forêts morvandelles dégradées suite à des siècles d'exploitation pour le flottage du bois de chauffe.

**Synthèse**

L'interprétation des résultats de l'analyse pollinique du remplissage de cette structure anthropique s'avère beaucoup plus compliquée que celle de l'étude des tourbières, tout d'abord parce que les apports polliniques ne sont pas seulement atmosphériques, mais résultent souvent aussi en grande partie d'apports érosifs. Ensuite, on ne peut être sûr qu'il n'y a pas de hiatus et la continuité apparente dans le diagramme entre les différentes passées sédimentaires serait totalement illusoire. Ceci est particulièrement vrai pour l'époque durant laquelle le canal aura été utilisé pour le flottage, avec la mise en eau de la structure suivie de lâchers d'eau provoquant ensuite peut-être des assèchements. Pour établir une chronologie solide, il aurait fallu dater le début et la fin de chaque phase d'alternance sédimentaire, mais l'investissement que représente cette opération nous a semblé démesuré par rapport à l'intérêt de la séquence. A cause de toutes ces incertitudes chronologiques, celle-ci ne sera pas utilisée pour la synthèse globale, mais son analyse a toutefois apporté des informations uniques sur l'histoire de l'environnement immédiat de l'excavation et, indirectement, sur l'histoire de son creusement.

Malgré toutes les incertitudes sur la datation du début de remplissage que nous avons déjà évoquées ci-dessus, il faut remarquer que l'enregistrement pollinique est cohérent avec une attribution chronologique située autour du changement d'ère. La discrétion du charme, l'absence de châtaignier et de noyer, la présence très discrète du seigle, et l'absence de témoignage de culture du chanvre sont autant d'indices qui vont dans le sens de la chronologie proposée, car l'ensemble de ces taxons ne prend de l'importance dans les diagrammes issus des tourbières du Morvan qu'à partir du haut Moyen Âge (voir chap. 3.2. et 3.3.2.). Accepter la date du second âge du Fer et rejeter celle plus profonde du début de l'époque romaine n'est pas non plus incohérent avec l'enregistrement pollinique, ce scénario évoquerait alors une exploitation plus ancienne, du premier âge du Fer ou même de la fin de l'âge du Bronze. Mais cette datation impliquerait alors une histoire sédimentaire du début de remplissage beaucoup plus irrégulière et rendrait plus difficile l'explication de la datation antique des niveaux les plus profonds. Toutefois, même si dans

tous les cas l'analyse paléoenvironnementale s'accorde avec l'interprétation d'une exploitation minière à ciel ouvert « antique », seules des fouilles archéologiques pourraient apporter à la fois une datation précise à cette exploitation mais aussi des indications sur le minerai exploité alors.

Au début de la séquence, alors que le remplissage de l'excavation semble relativement continu et qu'il devient de plus en plus organique et même tourbeux (ZPL CT1 à CT2a), le couvert forestier est largement dominant. Il faut attendre le bas Moyen Âge (XIV$^{e}$ siècle), pour observer les témoignages de déforestations de grande ampleur qui affectent principalement le hêtre. Tout au long de l'enregistrement, les variations des taux de pollen de chêne réagissent en négatif par rapport à celles des taux de hêtre. Cette situation évoque plus un jeu de rapport de pourcentages entre ces deux essences que de réelles variations de la population de chêne, qui semble alors localement relativement stable. Jusqu'au XX$^{e}$ siècle, les témoignages de mise en culture à proximité de la tranchée sont récurrents, mais la chute importante du taux de hêtre en ZPL CT 5a est aussi à mettre en relation avec l'exploitation de la hêtraie pour le bois de chauffe.



# Troisième partie.
## Evolution du couvert végétal et histoire de l'occupation humaine

*« La forêt des chênes et des hêtres, la sombre forêt des origines, le couvre de ses «breuils» et de ses «foys». Elle l'ensevelit sous ses futaies. Elle en imprègne les choses et les êtres de l'antique mystère et du trouble des vieux effrois*

Gaston Roupnel, *Histoire de la campagne francaise,* Paris, 1932
A propos du Morvan...

*«Devant l'homme à la houe, la défriche, le labour, l'espérance du grenier rempli, du bûcher garni (…). Et derrière lui, tellement proche qu'il va se piquer les fesses s'il recule encore pour contempler son œuvre, la lisière avec l'aubépine et le prunellier tout prêts (…) à regagner les territoires perdus ».*

Pierre Lieutaghi, *La plante compagne. Pratique et imaginaire de la flore sauvage en Europe occidentale*. Arles, 1998

## 3.1. CHRONO-STRATIGRAPHIE DES SÉQUENCES MORVANDELLES

Dans le Morvan, l'absence de lacs naturels d'origine glaciaire, ainsi que les faibles dimensions des formations tourbeuses, ne sont pas des facteurs naturellement propices à la présence de longues séquences chronologiques. Toutefois, la figure de synthèse 3.1 montre que malgré l'épaisseur modeste des dépôts sédimentaires, certaines tourbières analysées trouvent leur origine au cours du Tardiglaciaire, principalement entre 14500 et 12000 cal BP, soit entre l'interstade Bølling/Allerød et le Dryas récent (phase 1 sur la figure 3.1.). Ces séquences, qui ont la plus grande profondeur temporelle, sont exclusivement situées dans le Morvan des collines entre 500 et 600 mètres d'altitude ; la formation des tourbières est plus tardive dans le haut Morvan, au dessus de 700 mètres. Presque toutes les tourbières morvandelles se trouvent dans des contextes bio-géographiques comparables (le site qui fait clairement exception est la récente accumulation sédimentaire analysée à Poil, voir ci-dessous et chap. 2.1.4.). Située en bas de pente, leur mode de formation est soligène : l'imperméabilité du substrat est combinée à la présence d'eau qui sourd de l'arène granitique, formant de petits rus plus ou moins pérennes, qui aboutissent parfois dans un ruisseau plus important. De même, elles sont situées dans des bassins versants d'assez faible emprise spatiale (quelques ha). Les analyses paléoécologiques ont aussi montré que celles qui sont aujourd'hui en queue d'étang (le Verny-des-Brûlons à Saint-Agnan et l'étang Bouquin à Dun-les-Places) préexistaient à l'étang - tout du moins sous sa forme actuelle, attribuée aux XVII$^{e}$ / XVIII$^{e}$ siècles – et présentaient déjà une accumulation tourbeuse. Il semble alors qu'elles se soient formées dans des conditions naturelles finalement assez proches de celles des autres tourbières. Cette observation nous amène à considérer que les variations dans l'origine et l'histoire des tourbières du Morvan seront plutôt conditionnées par des facteurs locaux. En effet, on peut s'attendre à ce que des facteurs opérant à plus grande échelle (de l'échelle régionale à celle de l'hémisphère nord) produisent des réponses identiques dans des conditions écologiques comparables.

L'exploitation des informations paléoécologiques pour le Tardiglaciaire reste difficile, avec des enregistrements sédimentaires le plus souvent fragmentaires et s'inscrivant sur de faibles

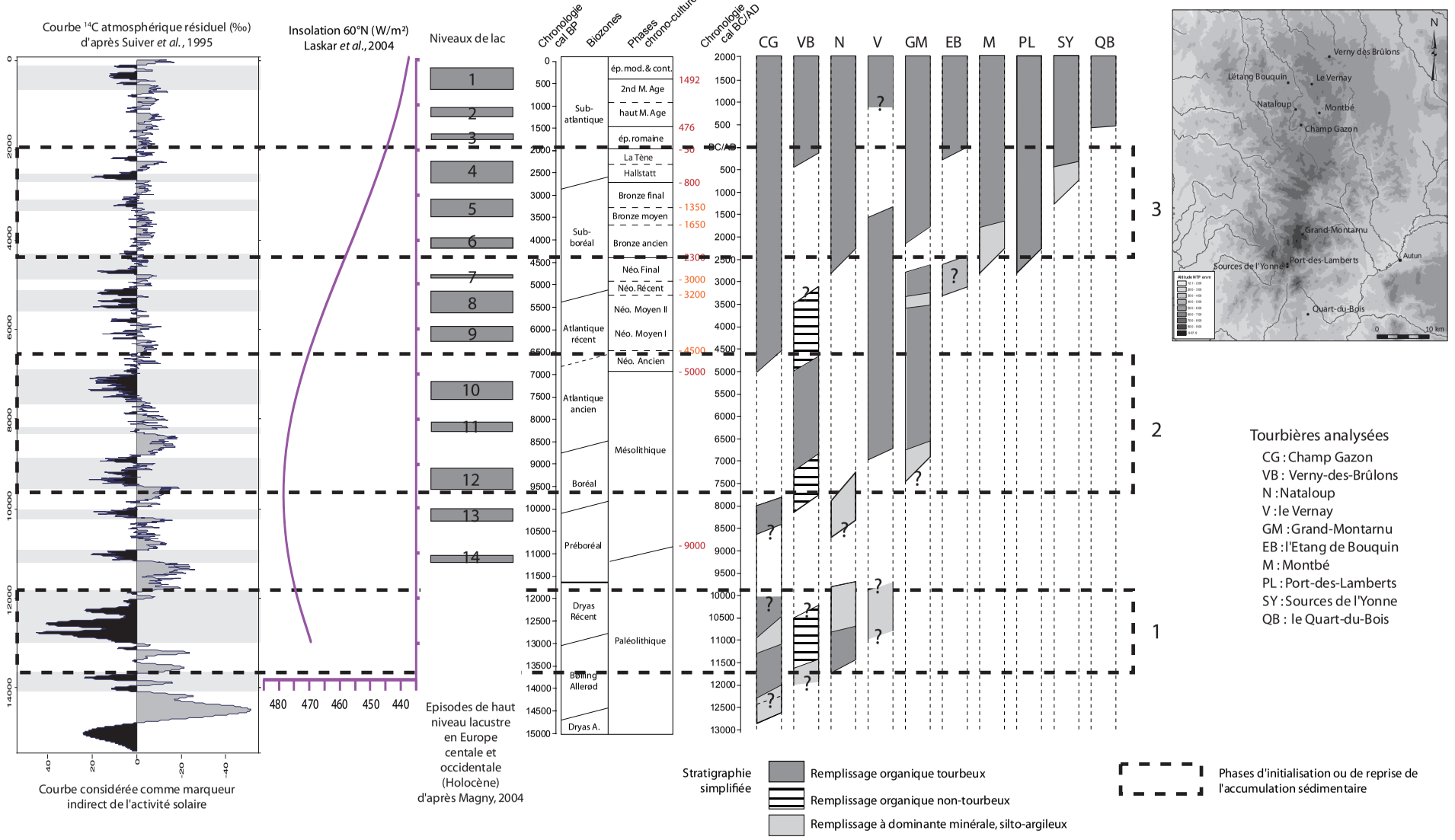



**Fig. 3.1** Chronostratigraphie des tourbières du Morvan - Confrontation avec des indicateurs de forçages climatiques, à l'échelle de l'hémisphère nord ($^{14}C$ atmosphérique résiduel et courbe d'insolation) et à l'échelle de l'Europe centrale et occidentale (fluctuation des niveaux de lacs) - Phases chrono-culturelles régionales

épaisseurs. Les dépôts s'accumulent alors dans des zones gorgées d'eau qui ne sont pas encore des tourbières. Dans certains cas, ils semblent perturbés en regard d'assemblages polliniques qui ne sont pas conformes à la végétation potentielle attendue pour ces périodes (voir Champ Gazon ZPL CG 1, fig. A.14. et Verny-des-Brûlons ZPL VB1, fig. A.20.). L'existence d'enregistrements discontinus et peu dilatés de la période tardiglaciaire a aussi été observée dans différentes zones du Massif central, principalement les zones de marge, comme le plateau de Millevaches à l'ouest (Miras 2004), dans la frange méridionale avec les Cévennes et le haut Languedoc (Pulido Avila 2006), ou encore dans le Massif central oriental granitique (Cubizolle 2005).

Au cours de l'Holocène, deux autres grandes phases d'initialisation ou de reprise de l'accumulation sédimentaire peuvent être distinguées. La première concerne particulièrement les biozones du Boréal et de l'Atlantique ancien, entre 9500 et 6500 cal BP environ (phase 2 sur la figure 3.1.); la seconde se situe chronologiquement à l'Holocène récent, à partir de la seconde moitié du Subboréal, soit après 4500-4000 cal BP (phase 3 sur la figure 3.1.). Ce rythme dans l'origine des formations tourbeuses est très proche de celui observé par H. Cubizolle (2005) dans le Massif central oriental et granitique, une zone géographique aux caractéristiques bioclimatiques assez proches de celles du massif du Morvan. L'auteur y distingue deux phases holocènes principales qui sont aussi centrées sur le Boréal et l'Atlantique ancien d'une part, la seconde moitié du Subboréal et le début du Subatlantique d'autre part. Durant la première phase, l'accumulation sédimentaire, et plus précisément la turfigenèse, aurait été favorisée par des conditions climatiques plus chaudes et humides qui entraînèrent une augmentation de la biomasse. Pour la seconde phase, l'impact des activités humaines est considéré dans ce secteur comme la cause principale de la dynamique de formation des tourbières (Cubizolle 2005, Cubizolle *et al.* 2004, Cubizolle *et al.* 2003 ). Dans le Morvan, les données paléoécologiques et archéologiques sont insuffisantes pour aboutir avec certitude au même type de conclusion. Il faut néanmoins remarquer que le remplissage de sept séquences, sur la dizaine analysée, débute ou reprend après un hiatus plus ou moins long, entre 4500 et 2000 cal BP, soit au cours des âges des Métaux (voir fig. 3.1., phase 3). Les analyses polliniques des échantillons les plus profonds sur chacune de ces carottes montrent que leur formation débute dans un contexte où la présence de l'homme est tangible. L'impact des activités humaines sur la végétation, notamment les déforestations, s'intensifie à partir de l'âge du Bronze, période durant laquelle l'impact des activités minières et/

ou métallurgiques vient renforcer localement celui des activités agro-pastorales, des activités qui connaissent aussi une mutation importante au cours de cette époque (voir chap. 3.3.2.3). Les déforestations auraient provoqué la déstabilisation des sols et ainsi favorisé l'érosion et la formation d'accumulations sédimentaires, bloquant progressivement les écoulements aux niveaux des zones humides de bas de versant et fond de vallon et permettant la création de tourbières. On peut donc envisager une origine anthropique indirecte dans l'initialisation de l'accumulation tourbeuse, une accumulation par ailleurs favorisée par les conditions climatiques de l'entrée dans la période Néoglaciaire (voir la baisse de la courbe d'insolation sur la fig. 3.1.).C'est de façon plus directe que l'on peut envisager la formation de la zone tourbeuse du Quart-du-Bois à Poil, entre le IV$^{e}$ et le V$^{e}$ siècle de notre ère, où les données issues de prospections évoquent l'aménagement des versants durant l'Antiquité (voir chap. 2.1.4.). Malgré tout, l'établissement d'une chronologie précise de la genèse des tourbières du Morvan reste encore difficile à réaliser. Tout d'abord à cause du caractère unique des séquences prélevées dans chacune des zones humides ; même si l'on a recherché à chaque fois la plus grande épaisseur, la datation du début de l'accumulation sédimentaire est localisée sur un seul point et ne prend pas en compte les différences internes dans la chronologie et dans le rythme d'évolution des tourbières. Ensuite, à cause de l'absence de datation absolue des parties basales de la majorité des carottes, les datations restent fondées sur la seule stratigraphie pollinique, avec des fourchettes chronologiques larges en l'absence d'un calage chronologique régional précis des biozones.

## 3.2. DYNAMIQUES ÉCOLOGIQUES

Durant le Tardiglaciaire et l'Holocène, à la faveur du réchauffement global, mais aussi au rythme des fluctuations du climat, la végétation a progressivement recolonisé les espaces libérés des glaces et des sols gelés. Les différentes essences arboréennes, cantonnées dans des refuges où les conditions climatiques leur étaient plus favorables, se sont alors progressivement propagées en Europe occidentale (e.g. Bennett *et al.* 1991). Les résultats des analyses polliniques des tourbières du Morvan vont nous permettre pour la première fois d'aborder la chronologie régionale de ces grandes phases de reconquête forestière.

### 3.2.1. Le Tardiglaciaire

**Le Dryas ancien**, début de la période tardiglaciaire, est peut-être enregistré dans la partie basale de Champ Gazon (ZPL CG1a, fig. A.14.), dont les assemblages polliniques sont caractéristiques des steppes froides, très largement dominés par la strate herbacée, avec la présence de taxons héliophiles comme l'armoise (*Artemisia*) et l'hélianthème (*Helianthemum*). Toutefois, la séquence sédimentaire concernée - composée d'argiles grises qui évoluent en fin de zone vers un sédiment plus organique - est ici réduite : une petite dizaine de centimètres seulement. Aucune datation radiométrique n'a été réalisée à ces profondeurs ; une date $^{14}C$, située quelques centimètres plus haut, se rapporte à la dernière partie de l'interstade Bølling-Allerød (11225 ± 85 BP, soit environ 13400-13000 cal BP). Mais les enregistrements polliniques correspondant à cette période sont incohérents et probablement pollués (voir chap. 2.2.3.), et il est donc impossible de suivre l'évolution locale de la végétation pour cette période, et impossible aussi d'aller plus loin dans les propositions de datations des successions d'accumulations sédimentaires.

C'est avec un peu plus de certitude que les assemblages polliniques de la ZPL N1 de la tourbière de Nataloup peuvent être attribués à la zone pollinique de l'**Allerød.** Les conditions climatiques plus favorables permettent l'expansion du pin (taux de *Pinus* entre 30 et 40%), accompagné de saule (*Salix*), de bouleau (*Betula*), de genévrier (*Juniperus*) et d'argousier (*Hippophae*). Les taxons qui composent la végétation palustre locale sont diversifiés et bien représentés. La composition tourbeuse de la séquence atteste du processus de turbification, et les assemblages polliniques évoquent la présence d'une végétation locale typique de mégaphorbiaie (voir chap. 2.2.4.). L'accumulation tourbeuse est aussi active à cette époque dans la tourbière voisine de Champ Gazon.

Le **Dryas récent** est une phase qui correspond à un refroidissement climatique à l'échelle de l'hémisphère nord, dont les bornes chronologiques sont aujourd'hui bien établies (environ 12850 à 11650 cal BP) d'après les études de carottes de glaces du Groenland (e.g. Rasmussen *et al.* 2006), par l'étude des variations de niveaux de lacs jurassiens ou alpins (e.g. Magny et Bégeot 2004, Magny *et al.* 2005, Magny *et al.* 2006a, Magny *et al.* 2006b), ou encore d'autres marqueurs biotiques ou abiotiques (e.g. Finsinger *et al.* 2008, Schaub *et al.* 2008 ; pour une syn-

thèse sur cette biozone voir aussi (Björck et Scott 2007). Situés exclusivement dans le Morvan central, quatre sites documentent l'histoire du couvert végétal durant cette période. Au Verny-des-Brûlons (ZPL VB1, fig. A.20.) et à Nataloup (ZPL N2, fig. A.16.) cette phase s'inscrit dans le prolongement de la période précédente ; à Champ Gazon (ZPL CG1d, fig. A.14.) aussi probablement, même si le contenu pollinique, qui semble toujours perturbé, ne permet pas d'avoir une image de la végétation locale à cette époque. Sur la tourbière du Vernay (ZPL V1, fig. A.12.), c'est la première phase qui est attestée avec certitude.

Ces séquences ont enregistré tout ou une partie au moins du Dryas récent, malheureusement l'absence de datation radiocarbone en début et en fin de phase ne permet pas de caler correctement ces enregistrements au cours de la biozone. Les horizons de remplissage sont dominés par le caractère argilo-silteux des sédiments et il semble que les dépressions où se sont formées les tourbières actuelles aient été alors en eau de façon durable. D'une manière générale, le refroidissement du climat et la baisse des précipitations réduisent considérablement les apports en matières organiques ; toutefois, une composante organique plus marquée subsiste dans les sédiments à Champ Gazon et au Verny-des-Brûlons, alors qu'au Vernay, les apports détritiques sont plus marqués (sédiments avec plus de particules grossières). Partout des indices de feux sont enregistrés par la présence de microcharbons dans les palynofaciès, sans qu'à l'heure actuelle une interprétation convaincante de ces événements puisse être avancée. Les taux de pin se situent autour de 20% au Verny-des-Brûlons et à Nataloup, et parmi les espèces ligneuses, le saule, le bouleau et le genévrier sont les plus constantes. La présence de grains de pollen d'essences plus thermophiles comme le noisetier, le chêne et l'orme sur certains sites (Verny-des-Brûlons et le Vernay) indique peut-être que la période enregistrée concerne plutôt la fin du Dryas récent. Au niveau de la strate herbacée, ce sont les taux de Cypéracées et de Poacées qui dominent. Au Vernay et au Verny-des-Brûlons, on note la présence d'une végétation de type mégaphorbiaie avec des courbes régulières de *Filipendula*, d'Apiacées et de Brassicacées. A Nataloup, ces assemblages coexistent avec d'autres plus palustres et aquatiques, avec du trèfle d'eau (*Menyanthes trifoliata)*, et différentes zygospores d'algues vertes, des Spirogyres et Zygnematacées principalement (fig. A.17. ZPL N2). La végétation locale sur le site du Vernay semble différente, avec une strate herbacée beaucoup moins diversifiée et un enregistrement de microfossiles non-polliniques uniquement composé de microorganismes plutôt aquatiques (voir chap. 2.2.2.). Autant d'éléments

qui, avec la nature minérale des sédiments, donnent au Vernay un caractère aquatique plus affirmé que les deux autres sites. Toutefois, on se gardera de comparaisons trop poussées entre ces différentes phases enregistrées sur des portions de séquences dont la chronologie rigoureuse n'est pas garantie par des datations radiocarbone.

Même si les données paléoécologiques sont fragmentaires, elles permettent pour la première fois de retracer les grandes lignes de l'histoire du paysage végétal du Morvan à la fin du Tardiglaciaire. Les biozones de l'Allerød et du Dryas récent montrent des assemblages de végétation assez similaires dans leur composition : une strate arbustive et arboréenne dominée par le pin, le bouleau, le saule et le genévrier, d'une part, et une strate herbacée majoritairement composée de Poacées et de Cypéracées, d'autre part. Toutefois, avec le refroidissement du Dryas récent cette dernière va dominer à nouveau largement. Les spectres du Morvan montrent alors une assez faible représentation des héliolophiles, les taux d'armoise (*Artemisia*) restent extrêmement modestes (ils atteignent rarement 10%), et ils sont surtout marqués par la place importante occupée par les Cypéracées. Celle-ci indique non seulement la présence prédominante des laîches sur la zone humide, mais aussi le caractère très local de l'enregistrement pollinique. La végétation des zones humides analysées semble alors comparable à celle observée dans des régions proches d'un point de vue des caractéristiques biogéographiques, comme le plateau de Millevaches par exemple (Miras 2004), mais aussi comme celle de plus basse altitude, dans le fossé bressan par exemple (Richard 1996). Par ailleurs, la présence d'une végétation de type mégaphorbiaie indique que malgré le refroidissement global, les températures estivales restaient assez douces (au moins autour de 10°C), permettant la floraison de la reine-des-prés (*Filipendula*) (Barbier 1999). Une relative douceur saisonnière qui est aussi propice à la présence du saule à proximité des zones humides étudiées, et qui est cohérente avec les modélisations effectuées récemment sur le massif jurassien, autour de 800 mètres (Peyron *et al.* 2005), ou plus globalement à l'échelle de l'Europe (Renssen *et al.* 2001), avec une estimation moyenne des températures du mois le plus chaud (juillet), située entre 12 et 14°C. Le caractère froid du Dryas récent serait plutôt exprimé par la faiblesse des températures hivernales (Renssen *et al.* 2007).

### 3.2.2 L'Holocène ancien

La biozone du **Préboréal** (environ 11650-10000 cal BP), phase de réchauffement climatique du début de l'Holocène, est caractérisée par le retour d'un couvert forestier plus abondant, dominé par le pin. Dans le Morvan, cette période correspond à un hiatus sédimentaire sur l'ensemble des séquences qui avaient enregistré la fin du Tardiglaciaire, (avec peut-être une incertitude pour la séquence de Champ Gazon) ; et aucune tourbière ne se forme non plus à cette époque (voir fig. 3.1). Cette lacune peut être expliquée de deux façons, et tout d'abord par l'absence d'accumulation sédimentaire. La même observation a été faite dans le Massif central oriental et granitique par H. Cubizolle (2005) qui explique l'absence de turfigenèse pour les périodes tardiglaciaire et préboréale par la sécheresse du climat. Globalement, ce début de l'Holocène est une période climatique sèche durant laquelle la courbe d'insolation croît régulièrement pour atteindre le maximum holocène en fin de zone (voir fig. 3.1.). Par ailleurs, la reforestation a joué un rôle de fixation des sols qui a pu être observé par exemple lors d'analyses sédimentaires et géochimiques en contexte lacustre (Enters *et al.* 2009). Mais la lacune sédimentaire peut aussi avoir été causée par l'intervention de phases érosives. Cette première chronozone de l'Holocène, globalement marquée par un réchauffement, est caractérisée par l'existence d'événements climatiques désignés sous les termes d'oscillations climatiques du Préboréal ou *PBO Preboreal oscillations*. Ces variations climatiques, qui ont fait l'objet de nombreuses analyses multiparamètres ces quinze dernières années (e.g. Hoek et Bos 2007), résultent d'une combinaison de facteurs qui ont eu des conséquences environnementales différentes du Nord au Sud de l'Europe (Algan *et al.* 2001), (Magny *et al.* 2007). Localement, ces phases d'instabilité ont pu alors provoquer des conditions environnementales qui n'étaient pas favorables à une accumulation sédimentaire régulière, voire provoquer des phénomènes érosifs.

Autour de 9900 cal BP, alors que le climat continue de se réchauffer et que la courbe d'insolation atteint son maximum pour l'Holocène, la biozone du **Boréal** correspond au développement de formations de noisetiers sur l'ensemble de l'Europe centrale et occidentale. Dans le Morvan, seulement deux enregistrements concernent cette phase : le Verny-des-Brûlons (ZPL VB2a, , fig. A.20.) - où l'accumulation sédimentaire reprend après quelques millénaires de hiatus,

à l'extrémité nord-orientale du massif, et la séquence du Grand-Montarnu (ZPL GM1, fig. A.6.), dans le haut Morvan montagnard (voir fig. 3.1.). Localement, les zones humides ne présentent pas encore de réelle turfigenèse, la composition des sédiments est à dominante argileuse, même si elle est plus organique au Verny-des-Brûlons qu'au Grand-Montarnu. De plus, si dans les deux secteurs, le couvert forestier est alors largement dominant, au Grand-Montarnu, la clairière locale que représente la zone humide tout au long de la période, est soulignée par la présence du mélampyre, de l'armoise, des spores de fougères et du genévrier. Il semble donc qu'ici, aux plus hautes altitudes du massif, on se trouve dans un contexte plus ouvert localement, autour d'une zone palustre encore durablement en eau, par rapport au Verny-des-Brûlons, à plus basse altitude, où la couverture végétale plus dense du bassin versant alimente les apports organiques. Dans le haut Morvan, comme dans le Morvan des collines, ce sont les taux de noisetier (*Corylus*) qui prédominent nettement, oscillant entre 70% et 60% au Grand-Montarnu, et atteignant 80% au Verny-des-Brûlons. Le chêne (*Quercus*) et, dans une moindre mesure l'orme (*Ulmus*), prennent déjà une part conséquente dans le couvert forestier. Toutefois, aucune des deux séquences ne bénéficie de datations radiométriques des parties les plus anciennes des zones polliniques locales correspondant au Boréal, et, dans un cas comme dans l'autre, on ne peut être sûr qu'elles aient enregistré le début de la biozone. Cette incertitude ne permet pas non plus de savoir si l'orme et le chêne connaissent un démarrage synchrone comme c'est le cas dans certains secteurs du Massif central, le plateau de Millevaches, par exemple.

Au Boréal, le couvert forestier du Morvan - haut Morvan montagnard, comme Morvan des collines - est donc caractérisé par ces trois essences dominantes : noisetier/chêne/orme, que l'on retrouvent aussi généralement dans des secteurs géographiques proches comme le Massif central (de Beaulieu *et al.* 1988, Miras 2004, Reille *et al.* 1992), le Bassin parisien (Leroyer 1997) ou les plateaux jurassiens (de Beaulieu *et al.* 1994, Richard *et al.* 2000). Dans le Morvan, les taux de pin restent particulièrement faibles, alors que dans des secteurs géographiques relativement proches, le pin conserve parfois une part importante dans le couvert forestier, comme dans le Jura en altitude (de Beaulieu *et al.* 1994, Richard *et al.* 2000), ou à basse altitude dans le sud-est du Bassin parisien dans la vallée de la Laigne (Côte d'Or) (Gauthier *et al.* 2005), ou encore à l'ouest du Morvan, dans le Berry (Gauthier 2004). On note aussi l'apparition du tilleul et du frêne, mais dans des proportions qui restent encore extrêmement faibles.

### 3.2.3 L'Holocène moyen

Trois séquences dans le Morvan permettent de suivre l'expansion de la chênaie mixte mésothermophile qui s'installe à la faveur de l'Optimum Climatique de l'**Atlantique,** autour du 9e millénaire (e.g. Joerin *et al.* 2008, Joerin *et al.* 2006, Knudsen *et al.* 2008).

Les essences mésothermophiles que sont le tilleul (*Tilia*) et le frêne (*Fraxinus*) vont alors coloniser les forêts de noisetiers, chênes et ormes de la fin du Boréal. L'érable (*Acer*) fait aussi partie de ces essences qui composaient la chênaie mixte, mais, à cause de sa très faible production pollinique, il n'est représenté que par quelques occurrences dans les diagrammes. Les débuts de cette biozone sont donc identifiés par la concomitance entre la chute de la courbe du noisetier et l'augmentation des courbes du chêne, du tilleul et du frêne. Les trois séquences du Morvan, si elles semblent toutes couvrir l'ensemble de la biozone, n'offrent cependant pas la même qualité d'information paléobotanique : c'est sans conteste la carotte du Vernay la mieux adaptée pour étudier la dynamique de la végétation de cette période, avec presque un mètre de sédiments (ZPL V 2b à 2f, fig. A.20.) et deux dates $^{14}$C. Au Verny-des Brûlons, ce sont seulement une trentaine de centimètres et une seule date radiocarbone valide qui documentent la même période, et au Grand-Montarnu moins d'une vingtaine de centimètres d'accumulation sédimentaire et une date radiocarbone.

Dans le haut Morvan des collines, la présence régulière et en constante augmentation du pollen de tilleul et de frêne, et la baisse concomitante des taux de noisetier, peuvent être situées autour de **8000 cal BP** - environ 6050 cal BC - (8310-8040 cal BP au Verny-des-Brûlons, ZPL VB 2b, fig. A.20., et après 8000 cal BP au Vernay, ZPL V2a, fig. A.12.). Mais c'est seulement autour de **7800 cal BP** - environ 5850 cal BC - que la représentation du chêne prend une ampleur nouvelle et que les taux de tilleul et de frêne dépassent 5%. Dans le haut Morvan montagnard, le début d'un réel développement de la chênaie mixte intervient seulement autour de **7000 cal BP** - environ 5050 cal BC - (entre 7300 et 6600 cal BP au Grand-Montarnu - ZPL GM1b, fig. A.6.). Dans la partie nord du Morvan, où les altitudes sont situées entre 450 et 600 mètres, l'expansion de la chênaie-mixte est plus tardive que dans le Jura ou le cœur du Massif central, mais sa chronologie se rapproche de celle qu'a pu observer (Leroyer 1997) dans le Bassin

parisien (7800-7600 cal BP), et elle est très proche de celle enregistrée sur le plateau de Millevaches (8000-7770 cal BP) (Miras 2004). Dans le haut Morvan, le développement de la chênaie mixte semble encore retardé d'après l'enregistrement du Grand-Montarnu. Ce retard peut être expliqué, au moins en partie, par le gradient altitudinal : les conditions plus fraîches et plus humides du haut Morvan auraient rendu plus difficile l'expansion des essences thermophiles. Toutefois, la précision chronologique est faible pour cette séquence extrêmement compactée et cette perception tardive du développement de la chênaie mixte est peut-être en partie due à la mauvaise résolution temporelle.

Dans tous les cas, le rythme d'expansion de la chênaie mésothermophile dans le Morvan est donc plutôt tardif par rapport à la chronologie moyenne observée en Europe occidentale, qui débute autour de 8850 cal BP (Richard 1999). La difficulté de pénétration des essences thermophiles dans le couvert forestier morvandiau a peut-être été accentuée par le refroidissement ponctuel de l'événement 8200 (*8.2 ky cal event*) (e.g. Magny 2004, Masson-Delmotte *et al.* 2005, Thomas *et al.* 2007, Tinner et Lotter 2001), dont les effets en Europe ont été sensibles entre 8300 et 8050 cal BP (Magny et Bégeot 2004, Tinner et Lotter 2001). Toutefois la chronologie de la phase d'expansion observée dans le Morvan correspond à l'une des périodes de forçage orbital maximum (*HOE – Holocene optiumum events*), une phase d'optimum particulièrement bien mise en évidence dans les Alpes par le retrait maximum des glaciers (Joerin *et al.* 2006) et l'expansion maximale des forêts d'altitude, bien datée par la dendrochronologie et le $^{14}C$, entre 7450 et 6650 cal BP (Joerin *et al.* 2008, Nicolussi *et al.* 2005).

Sur l'ensemble du massif, on remarque que **l'apparition et l'expansion du tilleul et du frêne sont contemporaines**, alors que le frêne démarre souvent avec un léger retard dans les régions voisines, à moyennes et basses altitudes, comme le Jura (Richard 1983) ou le Massif central (de Beaulieu *et al.* 1988, Reille *et al.* 1992) et le plateau de Millevaches (Miras 2004). De plus, ces deux essences semblent avoir occupé une place relativement équivalente dans la chênaie mixte, si l'on se réfère à leur représentation pollinique. Au sein de la forêt morvandelle de l'Atlantique, le noisetier garde une place importante, peut-être comme essence dominante de sous-bois et/ou en situation de lisière, comme dans la plupart des enregistrements du Massif central (Reille *et al.* 1992).

**La biozone de l'Atlantique est aussi marquée par l'apparition et le développement de l'aulne** (*Alnus*), dans le Morvan comme dans la majeure partie des régions d'Europe de l'Ouest. C'est alors principalement dans le secteur nord que l'on observe la constitution de véritables aulnaies sur et/ou autour des sites analysés (jusqu'à plus de 90% du total de grains de pollen compté lorsqu'il n'est pas retiré de la somme pollinique). Dans le haut Morvan, autour du carottage réalisé au Grand-Montarnu, l'aulne reste plus discret et la part du bouleau y est plus importante qu'ailleurs. Si la distinction au rang de l'espèce du pollen d'aulne est extrêmement difficile, il est fort probable que, d'après sa distribution actuelle (Bardet *et al.* 2008), ce soit *Alnus glutinosa* l'essence présente naturellement dans le Morvan dès cette période. L'installation de l'aulne glutineux, qui affectionne les sols hydromorphes (Munaut 1967) va donc dépendre principalement des conditions édaphiques. Toutefois, une trop forte hygrométrie va compromettre l'enracinement. Les variations de l'aulne dans les zones humides sont donc toujours délicates à interpréter, car elles peuvent tout à la fois indiquer une élévation du degré d'humidité de la zone analysée, ou son assèchement. Ce développement des aulnaies en période d'Optimum climatique nous incite à attribuer ce phénomène à un assèchement local, affectant au moins les zones qui ceinturent les tourbières, selon un schéma écologique courant à l'heure actuelle (Bardet *et al.* 2008). Dans le même sens, cette période de forçage orbital du climat, correspond à des phases de bas niveaux lacustres en Europe centrale, occidentale et méridionale (Magny 2004, Magny *et al.* 2007).

Tout au long de cette période, qui dure plus de trois millénaires, une certaine stabilité dans la composition de la forêt du Morvan et dans l'équilibre des proportions entre les différentes essences peut être observée. Il est de ce fait difficile de faire la distinction entre la phase ancienne et la phase récente qui marque la biozone de l'Atlantique en Europe de l'Ouest : l'Atlantique ancien daté d'environ de 8850 et 6650 cal BP et l'Atlantique récent, entre 6650 et 5350 cal BP environ (Richard 1999). Si globalement la première moitié de l'Atlantique est caractérisée par une tendance climatique optimale, elle est ensuite suivie d'une dégradation progressive, liée à la fin du forçage orbital, et l'infléchissement de la courbe d'insolation (voir fig. 3.1.) (Renssen *et al.* 2009). Le refroidissement du climat et l'augmentation des précipitations conduisent à la dégradation des chênaies mixtes, dans lesquelles le hêtre va progressivement s'introduire en basse altitude (Richard 1996), alors qu'à plus haute altitude ce passage est marqué par le développement de la hêtre-sapinière, comme sur les plateaux du Jura, (Gaillard 1984, Haas 1996, Richard 1983,

Richard *et al.* 2000), dans le Dauphiné (de Beaulieu *et al.* 1994), le Massif central ou encore dans les Vosges (Nelle 2002). Dans le Morvan, des occurrences sporadiques de hêtre (*Fagus*), ne sont perceptibles qu'en tout fin de période, et **partout sur l'ensemble du massif, la présence des résineux reste extrêmement discrète**. Les taux les plus élevés restent ceux du pin (*Pinus*), qui oscillent autour de 5% dans le Morvan des collines ; les pourcentages sont encore beaucoup plus faibles dans le haut Morvan. Une grande part de cette représentation du pin peut être issue d'apports lointains, au moins extra-morvandiaux. En ce qui concerne les essences dont la dispersion pollinique est beaucoup plus restreinte, le sapin (*Abies*) est quasiment absent et l'épicéa (*Picea*) n'est représenté que par quelques occurrences sporadiques. Les diagrammes du Morvan, n'ont pas non plus enregistré de pic de *Taxus* ou « phase à if », un phénomène situé au cours du 5e millénaire avant notre ère, qui marque la transition entre la fin de la chênaie mésothermophile et le début de la hêtraie-chênaie ou hêtraie sapinière, dans différentes régions du Centre-Est de la France, dans le Jura (Ruffaldi 1991, Ruffaldi 1993), le Dauphiné (de Beaulieu *et al.* 1994), sur le plateau nivernais (Prémery - Nièvre, analyses de l'auteur, inédit), dans le Berry (Gauthier 2004). Les occurrences extrêmement sporadiques de cette essence tout au long des enregistrements polliniques du Morvan, montrent que l'if n'a jamais réellement réussi à s'implanter sur le massif.

Enfin, au cours de l'Atlantique, des changements interviennent aussi localement au niveau des zones humides analysées. Ce sont tout d'abord des changements sédimentaires, avec l'initialisation d'une turfigenèse qui, dans la majeure partie des cas, durera jusqu'à nos jours. La formation de la tourbe est probablement à la fois favorisée par la forte augmentation de biomasse en début de période, puis sera entretenue par l'humidification progressive du climat en relation avec le déclin du forçage orbital (voir fig. 3.1.). Cet enrichissement en matière organique favorise alors la présence de microfossiles plus abondants et variés qu'auparavant. L'enregistrement pollinique d'une strate herbacée relativement importante, et surtout très variée, sur l'ensemble des sites qui documentent tout ou une partie de l'Atlantique, montre que ces zones humides ont constitué des espaces de clairières, ou tout du moins de sous-bois clairs, tout au long de la période. Une situation qui est aussi propice au développement de la strate arbustive, avec la présence partout de sorbier (*Sorbus*), et de lierre (*Hedera*), accompagnée de la bourdaine (*Frangula alnus*) au Vernay, et de houx (*Ilex*) au Verny-des-Brûlons). L'optimum des conditions climatiques est aussi marqué par la présence du houx et du lierre, dont les études menées à la fois sur des spectres anciens et

sur des stations actuelles dans le nord de l'Europe (Bottema 2001, Iversen 1944, Walther *et al.* 2005) ont montré la sensibilité aux températures hivernales et estivales .

**Les premiers impacts anthropiques**

C'est au cours de l'Atlantique, à partir d'environ 5000 cal BC (6950 cal BP), que les premiers impacts anthropiques sur le couvert végétal sont perçus, de façon relativement synchrone entre le sud et le nord du massif (voir chap. 3.3.2.2.). En général, ces premières traces d'activités agropastorales n'ont qu'un impact très modéré sur le couvert forestier, même si ponctuellement, des phases d'ouverture du milieu assez importantes sont enregistrées au cours de cette période (notamment à Champ-Gazon – ZPL CG 4, fig. A.14. et au Verny-des-Brûlons – ZPL VB 2b et 3a, fig. A.20.). Toutefois, il est extrêmement difficile de distinguer la part de l'impact des activités anthropiques de celle des fluctuations du climat, ou encore des dynamiques écologiques naturelles locales, dans les ouvertures du milieu enregistrées au cours de cette période (voir chap. 3.3.2.).

### 3.2.4. L'Holocène récent

Dans la première moitié du 5e millénaire avant notre ère, une nouvelle péjoration climatique caractérise le début de la biozone du **Subboréal** et marque l'entrée dans la période Néoglaciaire ; durant la période comprise entre 5600 et 5300 cal BP (voir fig. 3.1.), trois phases majeures de péjoration vont se succéder (Magny *et al.* 2006a). La dernière phase, bien identifiée dans les Alpes suisses et située autour de 5300 cal BP, a conduit à la conservation dans les glaces du corps d'un homme du Chalcolithique « Ötzi », dont il ne ressortira qu'à la fin du XXe, à la faveur du réchauffement global actuel (Magny et Haas 2004). Au niveau du couvert végétal, cette période plus froide et plus humide se traduit par le recul définitif des essences mésothermophiles de la chênaie mixte, et par l'extension du hêtre et du sapin, surtout en zone de moyenne montagne. Dans le Morvan, c'est uniquement le hêtre qui va «réaliser» cette expansion. Celle-ci peut être suivie de façon diachronique dans la haute montagne morvandelle, toujours grâce à l'enregistrement du Grand-Montarnu. Dans le Morvan des collines, trois séquences ont enregistré les premières occurrences de cette essence : le Vernay, Champ Gazon et le Verny-des-Brûlons ; mais ensuite, les séquences sont plus nombreuses au nord comme au sud pour suivre le rythme de l'ex-

pansion du hêtre (voir fig. 3.1.). Les tourbières des Sources de l'Yonne et du Port-des-Lamberts s'ajoutent à celle du Grand-Montarnu dans le haut Morvan, celles de Montbé et de Nataloup viennent enrichir le jeu de données paléoenvironnementales dans le Morvan des collines. En revanche, un second hiatus affectant la carotte du Verny-des-Brûlons, on ne peut observer l'extension du hêtre dans les forêts autour de ce site.

Les hiatus nombreux qui affectent le début des séquences les plus anciennes, ainsi que le démarrage tardif de la sédimentation des autres enregistrements, n'ont pas permis de fixer une chronologie précise des dynamiques des essences arboréennes qui recolonisent l'Europe durant l'Holocène ancien et l'Holocène moyen, comme le pin et le noisetier, le chêne, l'orme, puis le tilleul et le frêne, ainsi que l'aulne. Pour l'Holocène récent, on dispose de suffisamment de séquences pour élaborer une figure de comparaison chronologique de l'apparition et de l'expan-

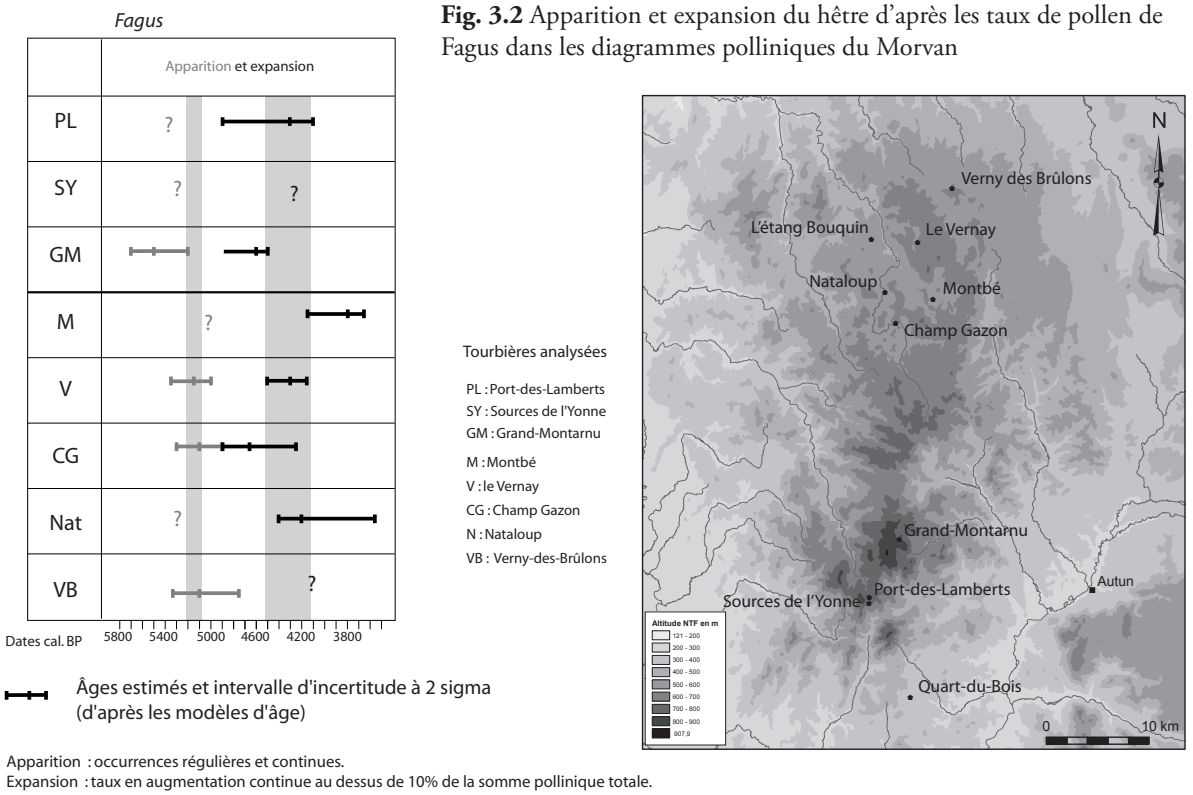



**Fig. 3.2** Apparition et expansion du hêtre d'après les taux de pollen de Fagus dans les diagrammes polliniques du Morvan

Apparition : occurrences régulières et continues.
Expansion : taux en augmentation continue au dessus de 10% de la somme pollinique totale.

Ici, la notion d'apparition implique des occurrences à la fois régulières et continues, la présence isolée et discontinue de grains de pollen au cours de l'Holocène ancien pouvant provenir d'apports lointains (ou même de pollutions ayant pu intervenir au cours des différentes phases de traitement des échantillons). On considère alors que seules les occurrences régulières chronologiquement d'un échantillon à l'autre reflètent l'introduction de l'essence dans la végétation locale. Si l'on n'a pas retenu de valeur seuil, comme ont pu le faire d'autres auteurs pour des études régionales, avec des nombres de séquences plus importantes et de meilleures résolutions temporelles (e.g. pour le Massif Central (Juvigné *et al.* 1988) et (van der Knaap *et al.* 2005) pour les Alpes, dans tous les cas, ces occurrences répétées sont suivies d'une phase d'augmentation progressive des taux de pollen de *Fagus*, illustrant la phase d'expansion de la population de hêtre. La valeur de 10% a été retenue ici pour marquer le début de cette phase d'expansion, car elle correspond sur chacun des 6 diagrammes concernés, au début d'une augmentation continue et rapide de la courbe de *Fagus*.

sion du hêtre dans le couvert forestier, et approcher ainsi le comportement de cette essence à l'échelle du massif (fig. 3.2.).

**L'apparition du hêtre dans le Morvan, est située au cours de la seconde moitié du 5e millénaire avant notre ère**, une apparition qui montre un bon synchronisme avec les débuts du Néoglaciaire, situé entre 5600 et 5000 cal BP (Magny *et al.* 2006a). L'introduction du hêtre dans les forêts du massif morvandiau semble un peu plus précoce au sud, autour de **5500 cal BP**, là où les altitudes sont les plus élevées (entre 700 et 800 m.), que dans l'étage collinéen, entre 500 et 600 mètres (voir fig. 3.2.). Ici, les premières occurrences régulières de pollen de hêtre sont enregistrées autour de **5100 cal BP** - environ 3150 cal BC - (le Vernay - ZPL V2f, fig. A.12., Champ Gazon - ZPL CG5b, fig. A.14. et Verny-des-Brûlons - ZPL VB3b, fig. A.20.). De même, les séquences du haut Morvan montrent que l'expansion de la hêtraie se situe autour de **4600 cal BP** - environ 2650 cal BC - (ZPL GM2 et 3 au Grand-Montarnu, fig. A.6 et ZPL P1a au Port-des-Lamberts, fig. A.2.), alors que globalement, dans le Morvan des collines, elle intervient un peu plus tard, autour de **4200 / 4000** cal BP - environ 2250/2050 cal BC - (Montbé transition ZPL M1 et M2a - fig. A.10., le Vernay, ZPL V3a - fig. A.12. et Nataloup - N4b, fig. A.16.) (voir fig. 3.2.). Le secteur de Champ Gazon (ZPL CG5b, fig. A.14.) constitue toutefois une exception, car la chronologie de l'expansion du hêtre semble y être plus précoce et donc plus proche de celle enregistrée dans la partie la plus élevée du massif. Quoi qu'il en soit, la pénétration du hêtre dans les forêts du Morvan et le développement des hêtraies sur le massif sont un peu retardés par rapport à la chronologie observée sur les massifs voisins. Dans le Jura, à moyenne altitude, où le hêtre est aussi le plus souvent associé au sapin, l'extension des hêtraies-sapinières commence dès la fin de l'Atlantique récent (voir ci-dessus). Au cœur du Massif central, en se basant sur une vingtaine de diagrammes E. Juvigné *et al.* (1988) et M. Reille *et al.* (1992) ont calculé une valeur moyenne de 4448 ± 55 BP, soit 5580 et 5320 cal BP pour dater le début de l'expansion de la hêtraie, et la chronologie est encore plus précoce dans la frange la plus méridionale du massif (Pulido Avila 2006). En revanche, c'est à nouveau avec le plateau de Millevaches que l'on observe la plus grande analogie, dans cette partie occidentale du Massif central (Miras 2004) observe une installation du hêtre « *retardée et progressive* », dans laquelle le rôle de l'Homme est envisagé.

La dynamique du hêtre, dans le cadre des reconquêtes forestières postglaciaires, a fait l'objet de nombreuses publications, et nourri quelques controverses ces dernières années (Gardner et

Willis 1999, Giesecke *et al.* 2007, Küster 1997, Küster 1999, Tinner et Lotter 2006, Valsecchi *et al.* 2008, van der Knaap *et al.* 2005). Tout d'abord, la diffusion et l'expansion du hêtre à l'échelle européenne sont retardées (*migration lag*) par rapport à celles réalisées par d'autres essences auparavant (comme le noisetier, ou le chêne par exemple) ; en outre, elles se font dans un contexte où les interventions humaines conditionnent de plus en plus largement le comportement des espèces. Les études et modélisations récentes ont montré que la diffusion du hêtre à l'échelle de l'hémisphère nord relève plutôt de processus liés aux variations climatiques, mais que localement, elle peut être influencée par l'impact grandissant des activités agropastorales des sociétés néolithiques : dans un couvert forestier dense, le hêtre aura plus de facilité à s'introduire et s'étendre à la faveur d'ouvertures naturelles ou anthropiques (Bradshaw et Lindbladh 2005, Giesecke *et al.* 2007, Küster 1997). Le phénomène est d'autant plus vrai en Europe de l'Ouest que cette expansion se réalise dans un environnement forestier déjà affecté par les premiers défrichements du Néolithique (Tinner et Lotter 2006). Dans le Morvan, l'introduction plus précoce du hêtre dans le secteur le plus montagnard peut être expliquée par des conditions climatiques plus fraîches et humides, qui auraient favorisé le hêtre dans sa concurrence avec les essences de la chênaie mixte. Mais par ailleurs, dans le Morvan des collines, on remarque que le site où la hêtraie se développe le plus rapidement (Champ Gazon) est aussi celui qui enregistre le plus fort impact anthropique pour cette période comprise entre 4850 et 4400 cal BP (soit entre 2900 et 2300 cal BC, voir chap. 2.2.3. et chap. 3.3.2.2.). Les perturbations du milieu opérées par les sociétés humaines de la fin du Néolithique et du début de l'âge du Bronze auraient créé les conditions favorables pour un développement de la hêtraie plus rapide qu'ailleurs sur le massif. Autour des autres sites, on remarque une phase assez longue (un ou deux millénaires au moins), durant laquelle les taux de pollen de hêtre restent relativement faibles, entre 2% et 10% ; le même phénomène est aussi observé dans les Alpes par van der Knaap *et al.* (2005).

**Dans le Morvan, le hêtre va alors devenir partout l'essence dominante**. Dans les zones de moyenne montagne voisines du Morvan, le Massif central, le Jura et les Vosges, le sapin accompagne l'expansion du hêtre. Dans le Jura, l'épicéa aussi va se développer, surtout au dessus de 850 mètres (Richard 1983). En revanche, au sein de la forêt morvandelle, comme depuis la fin de la biozone atlantique, la présence des résineux est toujours extrêmement discrète. Seul le secteur des Sources de l'Yonne, dans le haut Morvan montagnard (autour de 750 mètres), fait exception,

avec des taux de pollen d'*Abies* qui dépassent 10% (ZPL PL1a, fig. A.16., au Port-des-Lamberts et taux un peu inférieurs, mais courbe continue autour de la tourbière des Sources de l'Yonne - ZPL SY 1). Les faibles capacités de dispersion pollinique du pollen d'*Abies* prouvent que des formations de sapins assez importantes se sont certainement développées dans cette région du Morvan au cours du Subboréal, et elles perdureront jusqu'au début du Subatlantique. Ces peuplements gardent un caractère local, car il n'y a pas d'enregistrement équivalent au Grand-Montarnu, situé à seulement 5 kilomètres des Sources de l'Yonne. La situation du Morvan, en limite nord-occidentale de l'expansion d'*Abies* depuis les refuges d'Espagne, d'Italie et des Balkans (Terhürne-Berson *et al.* 2004), explique, peut-être en partie, la faible pénétration des résineux dans le Morvan, où la sylviculture actuelle démontre que, depuis le milieu du XX$^{e}$ siècle, les essences introduites se régénèrent parfaitement de façon naturelle (Zakin *et al.* 2007). Cette spécificité dans la dynamique forestière du massif du Morvan se retrouve dans différentes microrégions du Massif central, principalement le Cantal et le plateau de Millevaches (Miras 2004).

Au cours de la biozone subboréale, une phase de péjoration climatique correspondant à une baisse de l'activité solaire (hausse du $^{14}$C atmosphérique résiduel), et particulièrement bien marquée par une hausse de niveau des lacs alpins et jurassiens (Magny 2008, Magny *et al.* 2007, Magny et Peyron 2008, Richard et Gauthier 2007), est située autour de 3500-3100 cal BP, et donc centrée sur la période du Bronze moyen (Episode 6 de Magny (2004), voir fig. 3.1.). Dans cette aire géographique, l'abandon des habitats lacustres a pu être mis en relation avec ce phénomène climatique (Gauthier et Richard 2008, Richard et Gauthier 2007). Dans le Morvan, cette période correspond globalement à une phase de déprise agro-pastorale à proximité des tourbières analysées (voir ci-dessous chap. 3.3.2.3.). Toutefois, c'est à Champ Gazon, dans le Morvan des collines, qu'une réponse de l'écosystème tourbière à une augmentation de l'hygrométrie est la plus perceptible : la fermeture du milieu est accompagnée d'indices biotiques (pollen, microfossiles non-polliniques, nature de la tourbe) qui indiquent clairement une phase initiale et très active de formation tourbeuse (voir chap. 2.2.3.).

A partir de 2750 cal BP environ (autour de 800 cal BC), débute la dernière biozone de l'Holocène, le **Subatlantique,** marquée par une nouvelle phase de péjoration climatique, contemporaine d'une soudaine et forte augmentation du $^{14}$C résiduel et d'une hausse des niveaux des

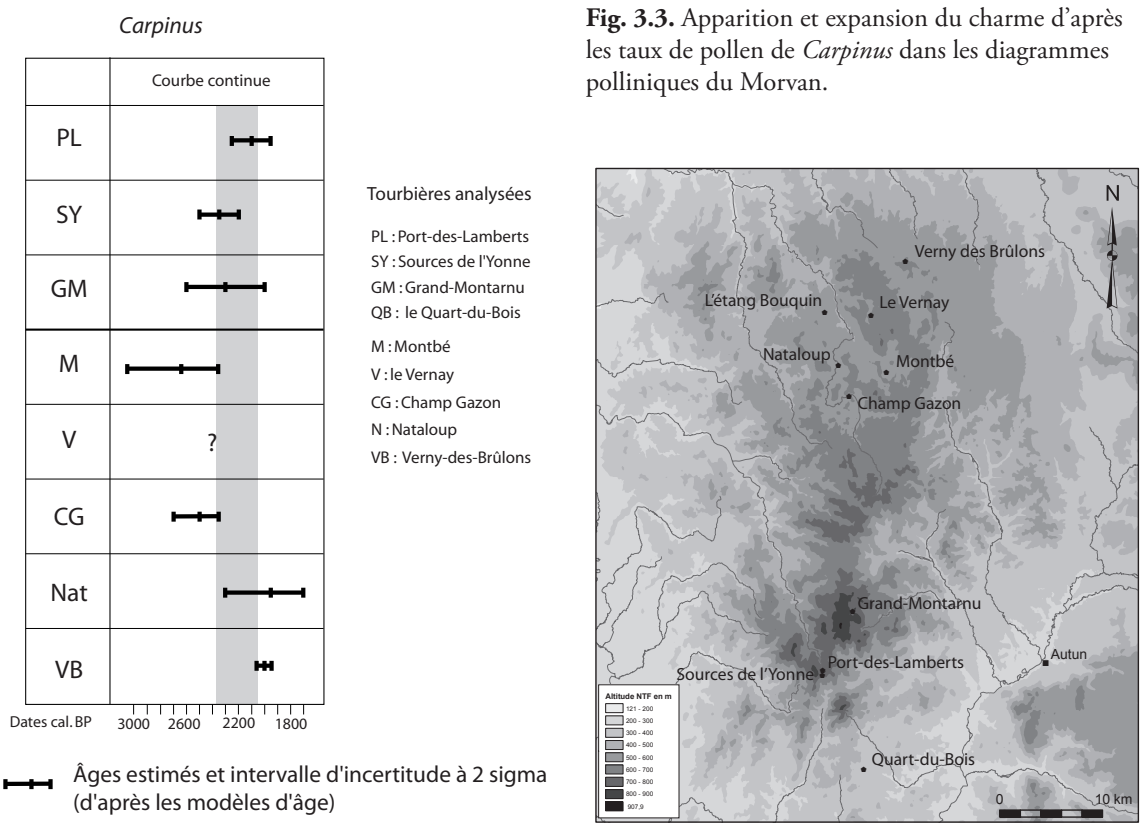



**Fig. 3.3.** Apparition et expansion du charme d'après les taux de pollen de *Carpinus* dans les diagrammes polliniques du Morvan.

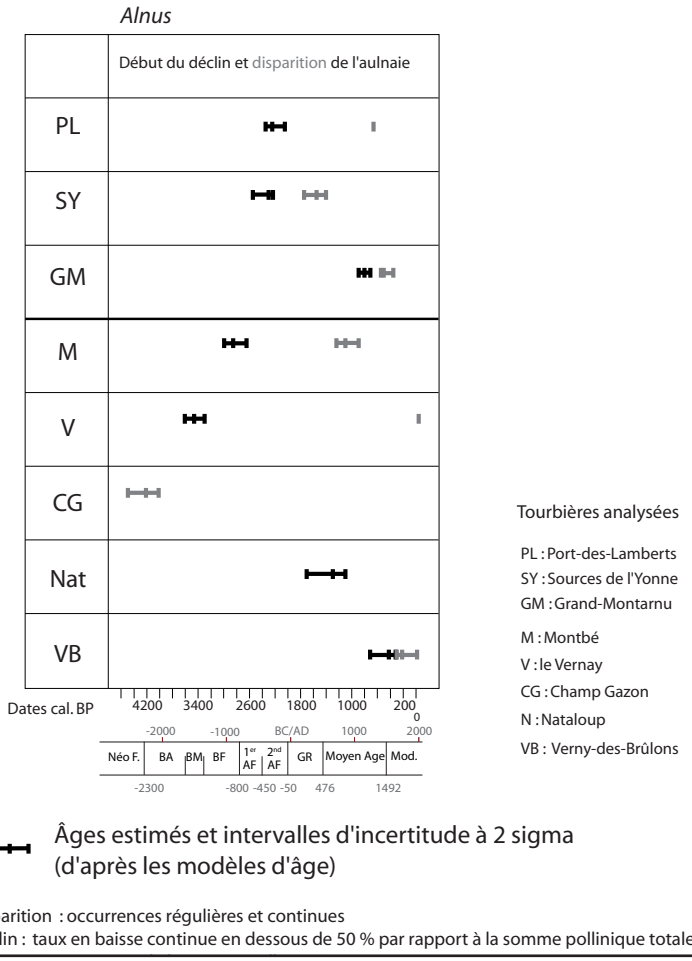
Apparition : occurrences régulières et continues.
Expansion : taux en augmentation continue au dessus de 10% de la somme pollinique totale.

lacs d'Europe centrale et occidentale (Magny 2004, van Geel *et al.* 1996, van Geel et Magny 2002) (voir fig. 3.1.). Du point de vue de la dynamique de végétation, cette période correspond à l'apparition et à l'expansion du charme (*Carpinus*), la dernière essence forestière à recoloniser l'Europe occidentale. Dans le Morvan, ce sont maintenant six séquences sur les dix analysées qui ont enregistré l'intégralité de cette biozone, six séquences qui se répartissent équitablement entre le sud et le nord du massif (fig. 3.1.). La figure 3.3 montre que la généralisation de la présence de pollen de charme se situe dans une fourchette chronologique comprise entre 2600 et 2000 cal BP, soit de 650 cal BC jusqu'au changement d'ère. C'est une expansion relativement tardive, si l'on se réfère aux régions voisines. Dans le Jura, par exemple, l'expansion du charme débute de façon assez uniforme et synchrone sur le massif, autour de 2750 cal BP (soit 800 cal BC), ce qui permet de l'utiliser régionalement comme repère chronologique pour marquer le début de l'âge du Fer (Gauthier 2004). De plus, les pourcentages de pollen de charme dans les diagrammes polliniques du Morvan restent toujours extrêmement bas durant les deux derniers millénaires. En courbe continue à partir du Moyen Âge seulement, les taux de *Carpinus* dépassent à peine 2% dans le haut Morvan et, au maximum, culminent autour de 5% dans les échantillons les

plus récents des séquences du Morvan des collines. Ici, malgré des altitudes plus basses (entre 450 et 600 mètres), l'installation du charme n'est pas plus précoce, au contraire, elle semble même particulièrement tardive à Nataloup et au Verny-des-Brûlons (seulement au premier siècle avant notre ère). La répartition de cette essence aujourd'hui concerne principalement les zones périphériques de la partie la plus montagnarde du massif (voir chap 1.1.2.). Les conditions acidophiles et humides du haut Morvan ne semblent jamais avoir été propices à son extension.

Durant cette période, **le déclin puis la disparition des aulnaies** installées à la périphérie des tourbières (voir ci-dessus) marquent aussi l'histoire de la végétation du massif du Morvan, et plus particulièrement celle des zones humides analysées. La figure 3.4., qui confronte les différentes chronologies, montre qu'il n'y a pas de synchronisme apparent dans l'effacement de l'aulne sur les différents sites. Ceci tend à prouver qu'il faut plutôt rechercher des causes locales dans le recul des aulnaies, que d'interpréter cette évolution comme le résultat d'un événement climatique global. Le rôle des défrichements dans la disparition des aulnaies peut être envisagé, d'autant plus que les débuts de leur déclin sont souvent contemporains de phases durant lesquelles les impacts des activités humaines sur le couvert végétal est particulièrement important. La seule exception est le site de la tourbière de Montbé, dans le Morvan des collines, où la chute brutale des taux d'*Alnus* est contemporaine d'une augmentation importante des taux de Cypéracées. Cette modification de la zone intervient dans une période de faible impact anthropique (voir chap. 2.2.1.), mais dans la période qui correspond à la

**Fig. 3.4** Déclin et disparition des aulnaies d'après les taux de pollen d'*Alnus* dans les diagrammes polliniques du Morvan.



péjoration climatique du début de Subatlantique autour de 2750 cal BP (*2.8 ky event*). La dynamique végétale évoque alors une hausse de l'hydromorphie des sols, trop gorgés d'eau pour l'enracinement des arbres, provoquant ainsi le remplacement de l'aulnaie par les Cypéracées (la présence locale de laîches est confirmée par les assemblages de microfossiles non-polliniques – fig. A.11.). Ailleurs, le déclin et la disparition de l'aulnaie sont moins clairement associés à des événements climatiques globaux, mais plutôt situés au cours de phases durant lesquelles la pression anthropique enregistrée est forte. Ce phénomène pourrait être lié à un degré atteint dans l'anthropisation des sites étudiés, peut-être à l'échelle du bassin versant qui accueille la tourbière. Dans le haut Morvan, par exemple, sur les sites des Sources de l'Yonne et du Port-des-Lamberts, l'effacement de l'aulne se fait au rythme de l'occupation de la zone au second âge du Fer (voir chap. 3.3.2.3.). Le rôle des sociétés humaines dans des chutes ponctuelles ou durables de l'aulne durant l'Holocène récent a pu être mis en évidence dans différentes régions, comme dans le nord de l'Europe, sur la frange orientale de la mer Baltique autour de 900-1000 cal AD (Saarse *et al.* 2010, Sarmaja-Korjonen 2003 ), à l'âge du Fer en Limousin (Allée *et al.* 1997). Dans le Morvan, si l'impact des activités anthropiques peut être envisagé dans le déclin de l'aulne, la question reste posée sur la part respective du changement de fonctionnement hydrologique du bassin versant due aux défrichements et aménagements, et celle de l'exploitation de l'aulne pour son bois.

**Tout au long du Subatlantique, la hêtraie-chênaie continue de dominer largement sur le massif morvandiau**. Le seul site étudié dont les spectres polliniques ne sont pas dominés par le hêtre, est le site du Quart-du-Bois, à Poil en piémont sud du massif (420 m). Ici, non seulement le contexte géographique est différent, mais l'on se trouve de plus dans une zone où le degré d'anthropisation est bien supérieur à celui des autres séquences du Morvan (voir chap. 2.2.4. et chap. 3.3.2.). Cette exception, située en périphérie, renforce encore l'homogénéité de la domination du hêtre sur le massif. Cette essence sera la principale cible des défrichements au cours du temps, tout d'abord pour la conquête de terres destinées aux activités agropastorales, pour le bois d'œuvre. Ensuite, les besoins en combustible des activités paléoindustrielles, comme la métallurgie ou encore l'exploitation du sel au nord du massif (voir chap. 1.2.), viennent s'ajouter dès la fin du Néolithique ; puis ce sont les périodes moderne et contemporaine qui porteront les plus grandes atteintes à la hêtraie, avec l'exploitation de son bois pour chauffer Paris. Ainsi, au cours de l'Holocène récent, les perturbations liées aux activités humaines vont imprimer leur

marque aux assemblages forestiers et à la composition de la strate herbacée, brouillant définitivement la lecture d'une dynamique végétale liée aux seuls facteurs naturels.

Toutefois, au cours du dernier millénaire, les trois séquences prélevées dans le haut Morvan (Port-des-Lamberts, Sources de l'Yonne et Grand-Montarnu), ont enregistré un événement qui peut être mis en relation avec un forçage climatique. Il s'agit de l'augmentation brutale des taux de bouleau (*Betula*), qui intervient de façon très synchronisée sur les trois sites autour du milieu du X$^{e}$ siècle, et qui va atteindre un maximum aux XI$^{e}$ et XII$^{e}$ siècles, pour ensuite décliner progressivement du XIII$^{e}$ au XIV$^{e}$ siècle. Cet événement, bien daté sur les trois séquences, y revêt une ampleur relativement comparable : on passe de taux de quelques pourcents à 30% aux Sources de l'Yonne, 60% au Port-des-Lamberts et 40% au Grand Montarnu (voir fig. A.4., A.2. et A.6.). Dans les trois cas, le maximum du bouleau correspond aux taux minimums que le hêtre ait enregistré jusqu'alors, avec moins de 20% de la somme pollinique. On peut interpréter ces expansions du bouleau d'une part en termes d'impact anthropique : cette essence pionnière des formations secondaires aurait été favorisée par l'amoindrissement de hêtraie-chênaie (voir ci-dessous chap. 3.3.2.5.). D'autre part, on peut aussi ici envisager un assèchement de la surface des tourbières à la faveur du Petit Optimum Médiéval (POM ou *WMP* pour *Warm Medieval Period*) : une baisse de la nappe aurait permis l'établissement de boulaies (Bardet *et al.* 2008, Vaucoulon et Chiffaut 2004) sur la tourbière et/ou ses bordures. Cette phase d'optimum, qui couvre une période située entre la seconde moitié du X$^{e}$ siècle et le début du XIII$^{e}$ siècle, a bénéficié d'étés particulièrement chauds et secs et d'hivers peu rigoureux, dont les effets sont illustrés par la convergence d'indicateurs de sècheresse et de chaleur dans les écosystèmes palustres, lacustres, et alluviaux en Europe occidentale (voir tableau synthétique rassemblé par D. Marguerie (2009). L'instabilité climatique du XIII$^{e}$ siècle et l'installation du Petit Âge Glaciaire (PAG ou *LIA* pour *Little Ice Age*) au XIV$^{w}$ siècle, avec un rafraîchissement des températures et une augmentation des précipitations documentées par les archives naturelles (hausse des niveaux de lacs, faible activité solaire, avancée des glaciers (Holzhauser *et al.* 2005, Magny 2004 ), comme par les archives historiques (Le Roy Ladurie 2004), auraient alors été à l'origine d'une hausse de l'hygrométrie des tourbières, avec un niveau d'engorgement ne permettant plus la croissance locale des bouleaux.

### 3.2.5. Les plantes introduites par l'Homme :

#### noyer et châtaignier ; seigle, chanvre et sarrasin

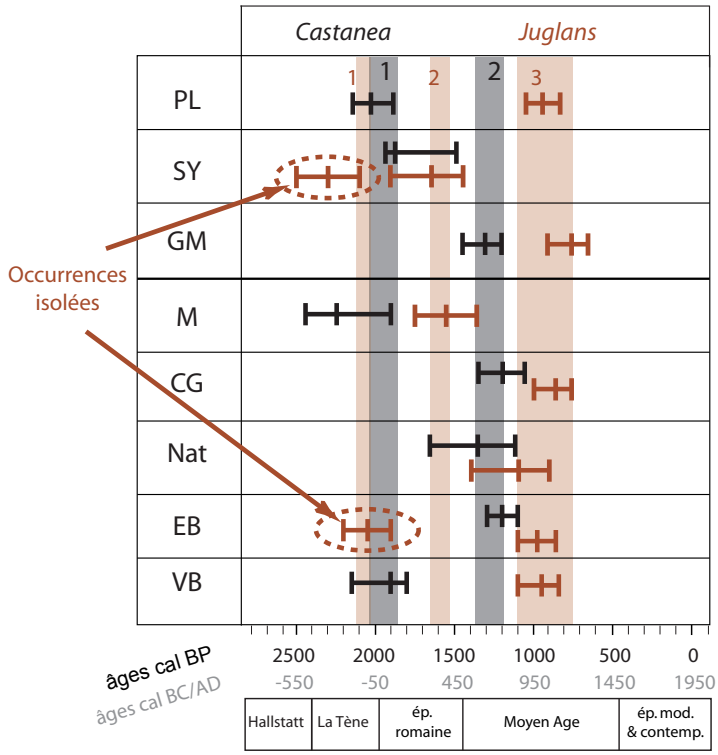
Durant l'Holocène récent, l'introduction de nouvelles espèces cultivées marque les enregistrements polliniques, comme elle a dû marquer les paysages. Dès la Néolithisation, soit vers 5000 cal BC dans la région étudiée, les débuts de l'agriculture avait vu l'introduction volontaire ou non de nouvelles plantes, les archéophytes (Brun 2009, Brun *et al.* 2007, Rösch 1998). Il s'agit alors principalement d'herbacées : les céréales, accompagnées des « mauvaises herbes » associées aux cultures ou messicoles. Une autre période est traditionnellement considérée comme fondamentale dans l'introduction d'espèces nouvelles, il s'agit de la période romaine. Sur le territoire français, et plus particulièrement dans les régions centrales et septentrionales qui correspondent à l'ancienne « Gaule chevelue », leur introduction est traditionnellement attribuée à la romanisation des campagnes et datée du changement d'ère (Zohary et Hopf 2000). Toutefois, les études polliniques régionales réalisées ces dernières années, viennent nuancer cette chronologie et montrent des rythmes d'introduction beaucoup plus contrastés. De plus, les études récentes de C. Brun (2009) sur l'introduction d'espèces herbacées exogènes dans les assemblages anthropiques (*Anthropogenic flora*) de l'Est de la France durant les 7 derniers millénaires, montrent que les périodes majeures d'introduction sont clairement situées entre le Néolithique final (3200-2200 cal BC) et le Bronze final (1350-750 cal BC), d'une part, au cours de XV$^{e}$ siècle, avec la découverte des Amériques et le développement des circuits commerciaux vers l'Asie, d'autre part. Ces études sont fondées non seulement sur les données archéologiques, mais aussi sur les données carpologiques. En effet, l'étude des graines et autres macro-restes végétaux en contexte archéologique est une approche fondamentale pour la connaissance de l'évolution des pratiques agraires. Dans le Morvan, les études d'assemblages carpologiques sont exclusivement concentrées à Bibracte, où l'on dispose d'un corpus de données assez abondant pour le dernier siècle avant notre ère, jusqu'au changement d'ère (fin de La Téne et époque augustéenne). Ce corpus est étudié depuis plusieurs années par J. Wiethold (INRAP) (Wiethold 1996, 1999, 2000 et 2009). Toutefois, si l'étude des macro-restes est plus précise que celle des grains de pollen, en permettant notamment d'aller jusqu'au rang de l'espèce, elle ne garantit pas l'origine locale de la plante émettrice. On

retrouve sur les sites archéologiques le stockage de denrées alimentaires qui peuvent être le fruit d'importations ; l'abondance des amphores à vin à Bibracte au premier siècle avant notre ère en est l'exemple le plus évident (Olmer 2003). On peut aussi citer la présence de noyaux d'olives dans la cave d'une maison d'époque augustéenne (Wiethold 1996 et 2003)… sans pour autant envisager la culture de l'olivier dans le Morvan ! Quant à l'analyse pollinique, elle va permettre de suivre l'introduction et le développement de la culture uniquement des espèces qui ont une production et une dispersion pollinique suffisantes pour être perçues.

Ainsi les analyses réalisées sur les séquences des tourbières du Morvan documentent l'histoire de cinq de ces plantes introduites par l'homme : le noyer (*Juglans*) et le châtaignier (*Castanea*) en ce qui concerne les arbres, le seigle (*Secale*), le chanvre (*Cannabis sativa*) et le sarrasin (*Fagopyrum*) pour les herbacées cultivées. Certaines séquences offrent un enregistrement plus difficile à exploiter que les autres, celle du Vernay par exemple est perturbée par la présence d'un hiatus sédimentaire, à Champ Gazon l'information est compactée et moins bien datée à partir de l'époque romaine que la Pré- et Protohistoire, et enfin, le site du Quart-du-Bois offre une information de très bonne qualité mais seulement à partir du V$^{ème}$ siècle de notre ère. Toutefois, hormis ces limites qui concernent principalement la finesse de la résolution temporelle, huit séquences permettent de confronter les dates d'apparition d'occurrences régulières pour les grains de pollen de châtaignier et de noyer dans les diagrammes morvandiaux, et neuf séquences pour celles du pollen de seigle, de chanvre (pour l'indentification de la culture du chanvre d'après la présence de grain de pollen *Cannabis*-type voir 1$^{ère}$ partie, chap. 1.3.1.2.) et de sarrasin (fig. 3.5. et 3.6.).

#### 3.2.5.1. Le noyer

Le noyer est un arbre initialement cultivé au Proche-Orient, dont l'introduction passe traditionnellement pour avoir été réalisée en France au rythme de la romanisation des campagnes (e.g. Beug 1975) avec une estimation de la *Juglans line* autour de 2000 cal BP (Zohary et Hopf 2000). Ce rythme d'introduction est aussi en général celui qui est saisi par les études carpologiques menées en France septentrionale (Lepetz *et al.* 2002), et encore plus précisément dans le quart nord-est de la Gaule celtique et romaine (Wiethold 2003). Toutefois, des exceptions régionales sont régulièrement observées dans les analyses paléoécologiques récentes, ainsi, par exemple au bord



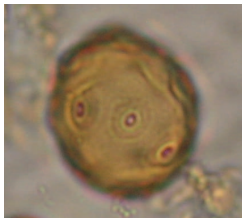



**Photo. 3.1.** Grain de pollen de noyer (*Juglans*), taille 45 µ.

**Fig. 3.5.** Apparition des arbres cultivés dans les diagrammes pollinique du Morvan, châtaignier (*Castanea*) et noyer (*Juglans*).

du lac de Constance en Allemagne, sa culture est attestée dès l'âge du Fer, autour de 400 cal BC (Rösch 1992). Dans l'ouest de la France c'est dès l'Holocène moyen que l'on trouve des occurrences régulières de grains de pollen de noyer (Barbier et Visset 1997, Cyprien *et al.* 2004, Joly et Visset 2009, Visset *et al.* 2004), mais cette région représente un cas particulier dans l'histoire de l'introduction des archéophytes, avec une chronologie beaucoup plus précoce qu'ailleurs en Europe occidentale, sans qu'une interprétation convaincante de ce particularisme n'ait encore été proposée (problème de taphonomie, de datations, courants de diffusion spécifiques ?). D'après les analyses polliniques, dans les régions de moyenne montagne en France, l'extension du noyer est plutôt située entre l'Antiquité et le haut Moyen Âge, par exemple durant l'époque romaine sur le plateau de Millevaches (Miras 2004), dès le haut Empire en plaine dans le Jura, et dès le Bas Empire même à assez haute altitude sur le Deuxième Plateau (Gauthier 2004), et plutôt au haut Moyen Âge dans les Pyrénées (Galop 1998). Dans les analyses polliniques du Morvan, les premières occurrences de pollen de noyer sont datées de la fin de La Tène : aux Sources de l'Yonne dans le haut Morvan, et à l'étang de Bouquin dans le Morvan des collines (voir fig. 3.5., phase 1). Cette présence assez précoce du noyer dans le haut Morvan est corroborée par la présence de 5 brindilles de noyer, retrouvées lors des fouilles archéologiques menées sur l'*oppidum* de Bibracte. Ces macro-restes végétaux ont pu être conservé en contexte humide, dans les sédiments de l'état 2 de la Fontaine Saint-Pierre, un état daté de la fin du I$^{er}$ siècle avant notre ère,

soit de l'époque augustéenne (Bourquin-Mignot 2009). La nature des restes végétaux, des brindilles, exclu la possibilité que l'on ait à faire à du bois d'œuvre importé, et semble donc indiquer la présence de cette essence sur le site. Dès lors, on peut envisager l'existence de plantation de noyer(s) proximité de sites occupés à la toute fin de l'époque celtique ou juste après la conquête, les indices palynologiques et archéobotaniques concernant cette essence se trouvant sur ou à proximité de deux *oppida* du Morvan : Dun-les-Places à proximité de l'étang de Bouquin et Bibracte à proximité des Sources de l'Yonne (voir chap. 1.1.3.). Deux aspects se dégagent de cette présence précoce, certes ténue d'un point de vue palynologique, mais appuyée par la xylologie. Le premier aspect est d'ordre climatique : aujourd'hui le noyer n'est guère développé sur le massif du Morvan, c'est une essence plutôt thermophile qui supporte mal les gelées printanières. Sa présence évoque donc des conditions climatiques plus chaudes et sèches qu'aujourd'hui (Bourquin-Mignot 2009), ce qui est en accord avec les données paléoclimatiques issues de l'étude des lacs alpins et jurassiens, qui montrent clairement que le dernier siècle BC et le premier siècle AD correspondent à une longue phase de bas niveau lacustre (Magny 2004), une phase caractérisée par une forte activité solaire (voir fig. 3.1., courbe de $^{14}C$ atmosphérique résiduel). En second lieu, la culture du noyer a aussi une implication culturelle, illustrant le degré de romanisation des Eduens, peut-être dès avant la conquête, un fait déjà remarqué à maintes reprise à Bibracte, par la composition du mobilier céramique, de l'architecture, de l'alimentation…

Deux phases sont ensuite assez bien individualisées dans le développement de la culture du noyer sur le massif (phases 2 et 3 sur la figure 3.5.). Une première phase est datée du bas Empire, autour du IV$^{e}$ siècle de notre ère, elle concerne deux sites éloignés l'un de l'autre, à nouveau les Sources de l'Yonne dans le haut Morvan montagnard, et Montbé dans le haut Morvan des collines. Pour la même époque, une quantité significative de grains de pollen de *Juglans* a été retrouvée dans le remplissage d'un fond de bassin de l'agglomération gallo-romaine de Chevroches (Devevey *et al.* 2006), située au nord-ouest du Morvan (analyses de I. Jouffroy-Bapicot, inédit), attestant de la présence du noyer à plus basse altitude dans le Nivernais dès le bas Empire au moins. Les six autres séquences du Morvan ont enregistré les indices de culture du noyer situés autour de l'an Mil. On remarque que cette généralisation du noyer sur le massif intervient au moment de l'Optimum Climatique Médiéval (*Medieval Warm Period, MWP*). Pour cette présence médiévale, comme pour les occurrences de la transition entre la fin de l'âge du Fer et le

début de l'époque romaine, des conditions climatiques plus chaudes (avec des hivers globalement moins rigoureux ?) ont peut-être favorisé l'acclimatation des noyers sur le massif.

### 3.2.5.2. Le châtaignier



**Photo 3.2.** Châtaignier, vestige d'une haie bocagère, dans le haut Morvan

Les origines exactes de la forme sauvage du châtaignier, ainsi que les voies et rythmes de son expansion ne sont pas encore clairement déterminés (Zohary et Hopf 2000). En Europe occidentale, si l'on excepte à nouveau le cas particulier des régions de l'Ouest de la France (Barbier et Visset 1997, Cyprien *et al.* 2004, Joly *et al.* 2007, Ouguerram et Visset 2001, Visset *et al.* 2002), la présence de pollen de châtaignier dans les analyses polliniques devient significative à partir de l'époque romaine. Mais, des occurrences beaucoup plus anciennes sont parfois observées dans différentes régions d'Europe occidentales, comme par exemple en Basse Auvergne au second Âge du Fer (Prat 2006), et l'existence de plusieurs zones de refuges lors de la dernière glaciation est envisagée (Krebs *et al.* 2004), dont les plus certaines ont été identifiées dans le bassin méditerranéen, en Espagne, ou dans le Nord de l'Italie (Hofstetter *et al.* 2006). Dans le Morvan, plusieurs diagrammes polliniques montrent des occurrences sporadiques de pollen de châtaignier pour des périodes bien antérieures à la conquête romaine dans cette région : dès la première moitié de l'âge du Bronze au Port-des-Lamberts entre 2000 et 1400 cal BC environ, à la transition entre la fin de l'âge du Bronze et le premier âge du Fer à Montbé, au second âge du Fer à partir de 400 cal BC aux Sources de l'Yonne. Ces occurrences ponctuelles et isolées sont difficiles à interpréter. Tout d'abord, la présence de pollutions au moment du carottage ou en laboratoire ne peut être exclue, mais cette présence peut aussi provenir d'apports lointains favorisés par une ouverture du milieu. Des études réalisées sur la pluie pollinique actuelle dans les Alpes suisses ont montré que la diffusion du pollen de châtaignier, dans des quantités non négligeables, pouvait être importante et parcourir à la fois une distance d'une soixantaine de kilomètres et 1800 m de dénivelé (Frei 1997). Sur la figure 3.5., nous avons donc représenté les débuts d'un enregistrement régulier de grains de pollen de *Castanea*, qui évoque avec plus de certitude la présence de l'arbre dans le massif. Cette figure laisse apparaître deux grandes phases dans le développement de la culture du châtaignier dans le Morvan. La première se situe dès le début

de la période romaine dans le haut Morvan montagnard (les Sources de l'Yonne et le Port-des-Lamberts), comme dans la zone collinéenne au nord (Montbé et Verny-des-Brûlons) ; toutefois, c'est plutôt au cours du haut Moyen Âge que cette essence semble se généraliser. La séquence du Quart-du-Bois à Poil, sur le piémont sud du massif n'a pas été prise en compte pour établir la figure de comparaison des introductions sur les différents sites, car elle ne débute qu'à la fin de l'époque romaine. Pourtant, cette séquence représente un enregistrement majeur pour l'histoire du châtaignier en Morvan. Présent dès le début de la séquence, à la transition entre la fin de l'Antiquité et le haut Moyen Âge, il atteint tout au long de cette période une représentation supérieure à celle enregistrée sur les autres séquences morvandelles. Puis l'augmentation spectaculaire et durable de la courbe pollinique évoque sans ambigüité la culture du châtaignier dont l'apogée se situe entre le XIII$^{e}$ et le début du XVII$^{e}$ siècle (voir chap. 2.1.4.). A l'heure actuelle, cette essence acidophile est encore bien présente dans le paysage végétal morvandiau, et surtout dans le sud Morvan, mais on le trouve dans les haies qui bordent les routes avec la présence d'individus plus ou moins isolés, (photo 3.2.). On ne trouve plus aujourd'hui de plantation sous forme de verger, comme il a dû en exister jusqu'au début du XX$^{e}$ siècle, époque à laquelle la châtaigne représentait encore un apport alimentaire précieux (Crosnier 1998, Vaucoulon et Chiffaut 2004).

### 3.2.5.3. Le seigle

En Europe centrale et orientale, avant d'être cultivé, le seigle a été tout d'abord été introduit comme adventice avec les premières céréales cultivées (blé, orge, avoine) (Behre 1992, Rösch 1998, Zohary et Hopf 2000). C'est pourquoi, dans les diagrammes polliniques, la présence d'occurrences isolées de grains de pollen de *Secale* avant 2000 cal BP est en général interprétée comme le témoignage de sa présence en tant que « mauvaise herbe » des cultures et il faut attendre l'apparition d'une courbe continue pour envisager la culture du seigle. Les évidences archéobotaniques les plus anciennes de seigle pour une utilisation alimentaire en Gaule septentrionale remontent à l'époque augustéenne (Malrain *et al.* 2006). Alors que les études carpologiques récentes attestent un développement de ces cultures en Europe septentrionale dès l'époque romaine (Rösch 1998, Ferdière *et al.* 2006), ce n'est que plus tardivement qu'elles semblent réellement se mettre en place

sur le massif du Morvan. Ce rythme de développement est identique à celui perçu par les analyses polliniques des massifs voisins du Jura (Gauthier 2004), ou du Massif central (Miras 2004, Prat 2006), même si des indices de culture de seigle plus précoces sont identifiés localement sur le plateau de Millevaches dès le III$^{ème}$ siècle de notre ère (Miras 2004). D'une manière générale, dans le Morvan, d'après les données polliniques, l'extension de la culture du seigle intervient


Chanvre


Champ de sarrasin - Morvan des collines


Seigle et coquelicots

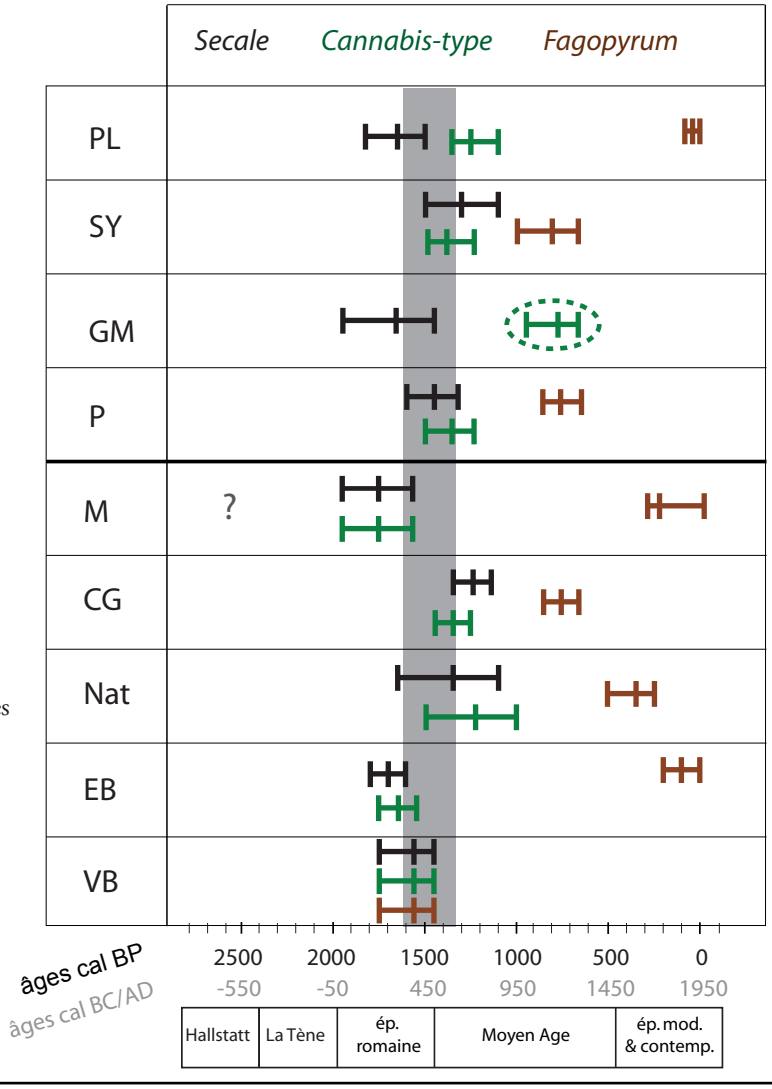



**Fig. 3.6.** Apparition des herbacées cultivées dans les diagrammes polliniques du Morvan : seigle (*Secale*), chanvre (*Cannabis*-type) et sarrasin (*Fagopyrum*).

plutôt autour du Ve siècle de notre ère, à la transition entre l'Antiquité tardive et le haut Moyen Âge (fig. 3.6.). Sur le piémont méridional du massif (site du Quart-du-Bois), l'apparition de la culture du seigle est bien datée des VIe-VIIe siècles. Toutefois, sur certains sites, au nord comme au sud du massif, même en tenant compte des marges d'incertitude temporelle, le début d'une courbe régulière de seigle apparaît dès l'époque romaine, plutôt à partir du IIIe siècle de notre ère. Les études carpologiques réalisées en contexte archéologique à Autun attestent la culture du seigle dès l'époque romaine dans la région (Wiethold 2003), alors que pour les époques celtique et augustéenne (IIe-Ier siècles avant notre ère, et première moitié du Ier siècle de notre ère) l'infime quantité les grains de seigle retrouvés dans les ensembles de céréales analysés à Bibracte place encore clairement cette espèce parmi les mauvaises herbes (Wiethold 1996). Ensuite, à partir du Moyen Âge et jusqu'au début du XXe siècle, le pollen de seigle atteint souvent des taux comparables, voire supérieurs, à ceux des céréales de type blé, orge et/ou avoine. Le seigle est une céréale rustique qui résiste bien au froid et à l'humidité, elle est donc bien adaptée aux conditions morvandelles et, jusqu'à l'exode rural du XXe siècle, le seigle tenait une place importante dans la céréaliculture locale (Crosnier 1998). L'importance de sa culture n'était pas seulement liée à la production de farine panifiable, mais tenait aussi à l'utilisation de la paille de seigle pour les couvertures des chaumières, l'habitat traditionnel du Morvan (Fédoroff *et al.* 1999).

### 3.2.5.4. Le chanvre

Les indices carpologiques les plus anciens de culture du chanvre sur le territoire français actuel, comme dans le sud de l'Allemagne, se situent au cours du second âge du Fer (Bouby 2002, Malrain *et al.* 2006 et Rösch 1998). La première mention de grains de pollen dont les critères morphologiques sont ceux du chanvre est très précoce dans le Morvan, sur le site Montbé, au cours du premier âge du Fer. Toutefois, sur ce seul indice pollinique, il est impossible d'évoquer avec certitude la présence de culture de chanvre, tant l'identification formelle des Cannabacées au rang de l'espèce est délicate (Beug 2004, Dörfler 1990, Whittington et Gordon 1987) (voir aussi chap. 1.2.1.3. à propos de la détermination des grains de pollen de cannabacées et notamment la différenciation entre *Cannabis sativa*, le chanvre et *Humulus luppulus*, le houblon dans le contexte précis du Morvan), et rien ne permet d'écarter définitivement la présence de grains de pollen de houblon particulièrement gros, même si à l'heure actuelle cette espèce est extrême-

ment rare sur le massif du Morvan. La figure 3.6. montre un assez bon synchronisme entre le développement des cultures du seigle et du chanvre sur le Morvan. Dans les deux cas on peut en déduire une tendance à l'échelle du massif, à la transition entre le bas Empire et le haut Moyen Âge, une période de changements sociétaux : arrivée des populations du Centre de l'Europe (particulièrement les Burgondes), qui s'accompagne de changements dans les pratiques agraires. Les taux de pollen de chanvre approchent souvent ceux des céréales à partir du haut Moyen Âge, toutefois ils n'atteignent pas une ampleur qui puisse indiquer la pratique du rouissage au niveau des tourbières analysées (par exemple plus de 30% de la somme pollinique dans la mardelle d'Assenoncourt sur le plateau lorrain, au haut Moyen Âge (Ruffaldi *et al.* 2007). Sur l'ensemble des diagrammes on observe la constance de sa culture, mais les faibles taux ne semblent indiquer une grande proximité des cultures. Traditionnellement, il était plutôt cultivé dans les ouches, petites parcelles localisées à proximité des habitats (Crosnier 1998). Sur le site du Quart-de-Bois, en piémont sud du massif, il ny 'a pas d'information pour la Protohistoire et l'Antiquité, mais on remarquera l'absence de pollen de *Cannabis*-type à la transition bas Empire/haut Moyen Âge ; après son apparition au VI$^{e}$ siècle, son essor n'interviendra seulement qu'à partir du IX$^{e}$ siècle (voir chap. 2.1.4.). Dans la partie la plus élevée du massif, au Grand-Montarnu, il apparaît plus tardivement que sur les autres séquences, au cours du Moyen Âge. Une perception ténue qui correspond à une phase d'intensification de l'ouverture du milieu forestier, et dès lors, on peut envisager qu'elle soit plutôt due à des apports lointains, à l'échelle du secteur nord du Morvan, qu'à la présence de champs de chanvre dans le haut Morvan montagnard.

#### 3.2.5.5. Le sarrasin

Le sarrasin, aussi appelé « blé noir », est la seule « céréale » qui ne soit pas une graminée, c'est une plante qui appartient à la famille des Polygonacées. En provenance d'Asie centrale, son introduction est plutôt attribuée au Moyen Âge. Toutefois, des indices polliniques plus anciens sont signalés non seulement dans l'Ouest de la France (Barbier et Visset 1997, Cyprien *et al.* 2004, Joly et Visset 2009, Marguerie 1991, Marguerie 2009, Visset *et al.* 2004), sur le Plateau Millevaches (Miras 2004, ) et dans le Puy de Dôme (Miras *et al.* 2004). Le plus souvent, les

études polliniques régionales perçoivent sa culture au cours du Moyen Âge, ou même à l'époque moderne (par exemple dans le Jura, où un seul site est plus précoce, sur le Premier Plateau, dès le haut Moyen Âge (Gauthier 2004). La particularité du sarrasin est d'être une espèce entomogame, avec une production pollinique faible, et dont le grain de pollen très lourd a un pouvoir de dispersion extrêmement faible. On ne le retrouve donc qu'en très petites quantités dans les palynofaciès, mais sa présence a une valeur indicatrice forte de la proximité des cultures. La figure 3.6. montre, qu'à la différence du seigle ou du chanvre, il y a une grande disparité dans l'apparition de pollen de sarrasin : une première occurrence intervient à l'époque antique, puis les occurrences se succèdent au cours du temps, jusqu'à la période actuelle. On note même son absence complète au Grand Montarnu, dans la zone la plus montagnarde du Morvan. C'est donc un signal très local que l'on capte pour la culture de cette plante, un signal propre à chaque site qui ne permet pas d'avoir une vision à l'échelle du massif. L'image de la culture du chanvre en Morvan est donc assez aléatoire, dépendante de la proximité des champs par rapport aux tourbières analysées. Cette constatation réalisée localement, est peut être aussi valable à plus grande échelle. La valeur indicatrice ultra locale des grains de pollen de sarrasin dans les spectres polliniques explique peut-être en partie les grandes disparités régionales que l'on observe dans les indices polliniques de la culture de sarrasin. Aujourd'hui, le sarrasin est encore cultivé dans le Morvan, favorisé par l'essor de l'agriculture biologique.

## 3.3. IMPACTS DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES ET HISTOIRE DE L'OCCUPATION HUMAINE DU MORVAN

Après avoir tracé les grandes lignes de l'évolution de la végétation depuis la fin du Tardiglaciaire, soit depuis 15 000 ans, ce chapitre sera consacré à l'apport des données paléoécologiques sur l'histoire de l'occupation humaine dans le Morvan et de son rôle dans la formation des paysages, notamment pour les derniers 7 derniers millénaires, depuis le début du Néolithique. Comme on l'a vu en introduction et en première partie de ce travail, à part pour quelques sites privilégiés et principalement celui de l'*oppidum* celtique de Bibracte, l'acquisition des données archéologiques en Morvan est difficile et la connaissance fragmentaire. Pour enrichir l'histoire humaine du Morvan par le biais des données paléoécologiques, nous avons donc procédé à l'établissement de diagrammes et de types de représentation spécifiques dont la méthodologie et les résultats sont détaillés ci-dessous.

### 3.3.1. Caractérisation des phases d'anthropisation

**Les Indices Polliniques d'Anthropisation (IPA)**

Les indices polliniques d'anthropisation qui figurent sur les diagrammes polliniques complets de la 2ème partie de ce volume, sont ceux que nous qualifions d'indices classiques d'anthropisation (voir chap. 1.3.1.3.). Lors de l'établissement des diagrammes spécifiques d'anthropisation, d'autres taxons ont été retenus et leurs fluctuations testées. Il s'agit d'une part de taxons qui ont été identifiés par des études régionales spécifiques des relations pollen/végétation actuelle (Brun 2007, Court-Picon 2007, Mazier 2006, Mazier *et al.* 2006, Miras 2004) et d'autre part de taxons dont les pourcentages augmentent lors des phases d'anthropisation déjà identifiées, des taxons qui lors de l'analyse du diagramme complet ont semblé réagir en synergie avec les indices polliniques classiques. Il s'est avéré que les deux catégories se recoupaient très souvent. Les taxons qui ont été retenus sont énumérés ci-dessous ; ils figurent sur les diagrammes d'anthropisation sous le vocable « Autres apophytes ».

Voir diagrammes d'anthropisation en annexe, figures A 23. à A.32.

***Potentilla*-type :**

Identifié dans les analyses multi-proxies réalisées dans les Pyrénées comme indicateur de pastoralisme (LPPI *Local Pastoral Pollen Indicators)* (Mazier *et al.* 2006, Mazier *et al.* 2009). Dans les diagrammes du Morvan, les augmentations les plus notables de ce taxon sont contemporaines des phases d'anthropisation identifiées à l'aide des IPA classiques. Ses fluctuations ne sont pas strictement liées aux indices de pastoralisme, mais les taux atteignent souvent leurs valeurs maximales lorsqu'ils sont corrélés à la présence de MNP coprophiles. Si dans les diagrammes des Pyrénées, *Potentilla*-type montre des fluctuations très bien corrélées avec celles des champignons coprophiles *Sordaria*-type et *Sporormiella* (*ibd.*), dans les séquences du Morvan, les taux de potentilles peuvent atteindre leurs maxima en relation avec un cortège de coprophiles et fimicoles plus diversifié.

**Les Caryophyllacées** :

Fort indicateur des cultures et des champs, ainsi que des milieux piétinés, d'après le référentiel fonctionnel élaboré par Y. Miras sur le plateau de Millevaches (Miras 2004). Dans le massif du Champsaur M. Court-Picon (2007), a pu rattacher un certain nombre de types polliniques aux différents milieux ouverts et anthropisés. Dans les diagrammes du Morvan, bien qu'elles aient été déterminées au rang des types polliniques établis par H.-J. Beug (2004), les Caryophyllacées sont présentées regroupées au rang de la famille, leurs occurrences restant toujours beaucoup trop sporadiques pour être significatives individuellement. Toutefois, si leur présence reste globalement ténue, leurs augmentations sont très souvent en synergie avec la présence d'anthropochores et de rudérales (voir notamment les phases les plus anciennes aux sources de l'Yonne ZPL SY1 et SY2a).

***Melampyrum*** :

Comme nous l'avons précisé en première partie, l'interprétation la plus probable de l'identification de pollen de type *Melampyrum* est celle de la croissance de *Melampyrum pratense* à proximité de la tourbière (voir chap. 1.2.1.2.). Son écologie actuelle fait de cette plante un indicateur d'éclaircissement de la forêt (Bardet *et al.* 2008) ; c'est aussi le comportement pollinique que l'on perçoit à l'analyse des diagrammes morvandiaux. Ce taxon va donc particulièrement réagir aux ouvertures du milieu les plus anciennes, lorsqu'elles interviennent dans un milieu encore

largement forestier (comme par exemple au Néolithique et au Bronze ancien à Champ Gazon ZPL CG5 et CG6, ou encore au Vernay ZPL V2f et V3).

***Scrophularia*-type** :

Même si l'identification formelle du type *Digitalis* n'a pas été réalisée ici, nous envisageons la possibilité qu'une grande partie de ces grains soit tout même issue de cette espèce si répandue en Morvan. La digitale pourpre est une plante de lisière mais elle envahit rapidement la moindre des coupes forestières actuelles (Bardet *et al.* 2008) (Vaucoulon et Chiffaut 2004) ; sur les diagrammes, les pics de *Scrophularia*-type correspondent très souvent à une chute des pourcentages de taxons arboréens.

Enfin, parmi les autres apophytes, nous avons choisi de faire figurer les prairiales que sont : les **Asteroïdeae**, les **Cichorioideae** et l'ensemble des **Fabaceae**.

D'autres taxons identifiés comme apophytes par les différents auteurs ont été testés : les Geraniaceae, *Convolvulus*, *Epilobium,* et *Echium* considéré par C. Brun (2007, 2009 et Brun *et al.* 2007) comme un « marqueur pollinique fort pour l'interprétation des données fossiles » en région Franche-Comté. Toutefois, bien que leur présence soit effectivement le plus souvent associée aux phases d'anthropisation, ils ont été trouvés en très faible quantité et on a choisi de ne pas les faire figurer sur les diagrammes polliniques, dans un souci de clarté de la représentation graphique.

Comme le rappelle H. Richard, dans son article sur l'introduction de l'agriculture sur la montagne jurassienne, « *l'impact de l'homme sur la végétation ne peut être attesté dans un cortège pollinique que par la convergence de plusieurs indices* » (Richard 2000). Si les phases d'anthropisation ont bien sûr été déterminées sur un faisceau d'indices convergeants : ouvertures du milieu, présence d'anthropochores, apparition et/ou augmentation d'apophytes, présence de champignons coprophiles, nous avons aussi tenté de préciser le comportement de certains taxons vis-à-vis des débuts de l'anthropisation du couvert végétal dans le cadre précis du massif du Morvan. Il s'agissait tout d'abord de **déterminer si les apophytes faisant partie des IPA utilisés classiquement étaient présentes dans les spectres polliniques antérieurs aux premiers impacts anthropiques formellement identifiés et, dans l'affirmative, avec quelle fréquence**. La présence de sept taxons a donc été recherchée dans les diagrammes pour les périodes antérieures au

Néolithique (5000 cal BC) : *Plantago lanceolata, Plantago major/media-type*, les Urticaceae, les Chenopodiaceae, *Rumex*, les Rubiaceae et *Artemisia*.

| Taxons | Absent | Occurrence isolée | Présence régulière |
|---|---|---|---|
| *Plantago lanceolata* | GM, Nat, VB, EB, CG | V | |
| *Plantago major/media-type* | GM, CG, EB | Nat | |
| Urticaceae | GM, Nat, CG, VB, EB | V | |
| Chenopodiaceae | GM, CG | V, Nat, VB, EB | |
| *Rumex* | GM | VB, EB | V, Nat, CG |
| Rubiaceae | | CG, VB, EB | GM, Nat, V |
| *Artemisia* | | VB | GM, V, Nat, CG, EB |

**Tableau 3.1.** Taxons apophytes les plus couramment utilisés pour déterminer les phases d'anthropisation du couvert végétal.
Présence ou absence antérieures aux premières phases d'anthropisation formellement identifiées dans les spectres polliniques du Morvan pour les sites sur lesquelles le début de l'enregistrement est antérieur au Néolithique (GM : Grand-Montarnu, V : Le Vernay, Nat : Nataloup, CG : Champ Gazon, VB : Verny-des-Brûlons, EB : Etang de Bouquin)

L'analyse du tableau 3.1. montre que les plantains (*Plantago lanceolata* et *Plantago major/media*-type) et les Urticacées sont généralement absents des spectres polliniques antérieurs aux premières perturbations humaines identifiées sur les diagrammes. Ils apparaîssent de façon concomitante aux premiers défrichements, et/ou aux premières occurrences de céréales ou d'ascospores de champignons coprophiles. Ils peuvent donc être considérés comme des **marqueurs forts** sur les diagrammes d'anthropisation. De plus, le caractère régional de la diffusion du plantain lancéolé, remarqué par l'ensemble des auteurs, est ici pondéré par l'aspect très local de la pluie pollinique perçue par les petites tourbières morvandelles, notamment pour les périodes les plus anciennes durant lesquelles le couvert forestier est encore largement dominant.

Les Chenopodiacées, sont souvent présentes dans les spectres polliniques antérieurs aux phases d'anthropisation, mais leurs occurrences les plus régulières sont contemporaines de la présence d'autres IPA. Toutefois, leurs taux restent toujours extrêmement faibles. Les Rubiacées et les armoises, même si elles augmentent en général au cours des phases d'anthropisation, semblent plus ubiquistes et sont régulièrement présentes dans le cortège herbacé auparavant : au cours des périodes tardiglaciaires en courbes continues (milieu plus ouvert), mais aussi dans la première partie de l'Holocène. Dans la famille des Rubiacées par exemple, *Galium saxatile* et *Galium palustre* sont courants dans les groupements végétaux en bordure de tourbière, ou sous-bois tourbeux humide ; il en est de même pour *Artemisia vulgaris*, lorsque le milieu est plus

ouvert (Bardet *et al.* 2008, Robbe 1993). A l'occasion d'autres études régionales, ces taxons ont déjà été remarqués pour leur faible valeur indicatrice dans les assemblages rudéraux, comme dans le massif du Champsaur ou dans le nord de l'Europe (Court-Picon 2007). Ces trois taxons sont donc ici considérés comme des **marqueurs secondaires** d'anthropisation.

**Les Microfossiles Non-Polliniques (MNP)**

Les ascospores de champignons coprophiles et fimicoles - *dung-indicators* - ont aussi été systématiquement utilisés dans l'identification des phases durant lesquelles l'impact des activités humaines sur l'environnement est perceptible. Ce ne sont pas ici à proprement parler des impacts sur le couvert végétal. Il s'agit surtout de l'identification du développement d'une population d'ascomycètes qui croissent sur la matière organique en décomposition en général et sur les bouses d'herbivores en particulier. Ce sont ici les principaux marqueurs de la présence de bétail sur, ou à proximité immédiate de la tourbière, dont la valeur indicatrice de pratique pastorale a été discutée en 1ère partie, chap. 1.3.2.1.

### 3.3.1.1. Approche qualitative : les marqueurs des pratiques agro-pastorales

L'ensemble des marqueurs énumérés ci-dessus a été utilisé pour déterminer des Phases d'Impact Anthropique sur le couvert végétal PIA. Ces zones sont différentes des Zones Polliniques Locales ZPL, car elles sont établies en tenant compte uniquement de la présence, des variations et des types d'assemblages des indices polliniques et non polliniques d'anthropisation et non pas en considérant les variations de l'ensemble les spectres polliniques. Trois types de phases ont ainsi été distingués :

**- Les phases à dominante pastorale :**

Elles sont principalement caractérisées par la présence des Microfossiles Non Polliniques coprophiles et fimicoles (*dung indicators*), et par celle concomitante d'herbacées nitrophiles comme les orties, et de plantes prairiales. En revanche, ce sont des phases durant lesquelles on n'enregistre pas la présence de pollen de plantes cultivées.

**- Les phases à dominante agricole :** Elles sont caractérisées par la présence de grains de pollen de plantes cultivées, *Cerealia*-type, *Secale*, *Cannabis*-type, *Fagopyrum* pour les herbacées, *Castanea* et *Juglans* pour les arbres.

**- Phases mixtes agro-pastorales :** phases durant lesquelles les différents marqueurs se combinent.

Ces différentes phases sont représentées à l'aide d'un code couleur sur l'ensemble des diagrammes polliniques d'anthropisation du couvert végétal qui figurent en annexes (fig. A.23. à A.32.).

### 3.3.1.2. Approche semi-quantitative : évaluation du degré d'impact des activités humaines sur le couvert végétal

L'analyse des diagrammes d'anthropisation des différents sites étudiés nous a aussi conduit à proposer une caractérisation semi-quantitative des phases d'anthropisation, d'après **l'intensité perçue de l'impact anthropique** sur le couvert végétal environnant. L'objectif de cette démarche est d'établir une classification **hiérarchique simple,** d'après une grille de lecture clairement établie en vue d'une reproductibilité, pour pouvoir ensuite procéder à des comparaisons d'une période à une autre, et d'un site à l'autre. Cette hiérarchisation des observations s'appuie sur notre bonne connaissance des IPA, telle que nous l'avons exposée ci-dessus, et de leur signification dans l'analyse paléoenvironnementale en contexte morvandiau. Son application s'accorde aussi avec le fait que les sites analysés présentent des caractéristiques environnementales tout à fait comparables : des tourbières de formation soligènes, dont l'emprise spatiale ne dépasse guère 2 ha au maximum (voir ci-dessus chap. 3.1.).

Pour chaque phase individualisée dans les diagrammes, nous avons attribué une valeur à l'impact perçu, en combinant les quatre variables suivantes : la diminution des taux de pollen d'arbre, la présence de marqueurs d'activités agricoles (plantes cultivées et adventices des cultures), marqueurs d'activités pastorales (les MNP coprophiles) et l'augmentation du pollen de plantes apophytes.

Valeur attribuée aux quatre variables :

**Ouverture du milieu** : identifiée par la **D**iminution du taux de **P**ollen d'**A**rbres

**DPA**.....2

**Marqueurs d'activités agricoles** : identifiée par la présence de pollen de plantes **C**ultivées et de plantes **M**essicoles

**CM**.....4

**Augmentation des Autres Apophytes** : plantes rudérales et nitrophiles, prairiales et herbacées héliophiles ou de lisière

**AA**.....2

**Marqueurs d'activités pastorales** : présence d'ascospores de **C**hampignons **C**oprophiles

**CC**.....2

Le choix arbitraire de ces valeurs a été motivé par la volonté de manipuler des chiffres simples, en doublant le poids donné à la présence de pollen de plantes cultivées et de messicoles, des plantes qui sont directement introduites par l'Homme et qui attestent de sa présence avec plus de certitude que les trois autres variables. Ces dernières gardent un caractère plus ambivalent, car leur présence ou leurs variations peuvent aussi résulter de facteurs naturels. Ensuite, ces quatre variables ont été multipliées par des facteurs d'intensité qui traduisent une estimation de leur représentation dans les spectres polliniques (les coefficients multiplicateurs sont choisis sur une échelle arithmétique simple, de 1 à 5, où seules les valeurs minium, maximum et moyenne sont utilisées) :

**Faible..... x 1,** **Moyenne..... x 3,** **Forte..... x 5**

Les résultats des calculs effectués pour chaque site et chaque phase d'anthropisation sont présentés ci-dessous sous forme de tableau (tab. 3.2.)

**Tableau 3.2.** Calcul de l'impact estimé de chaque phases d'anthropisation identifiée sur chacun des sites. Les phases, de la plus ancienne (en bas) à la plus récentes (en haut), sont celles qui sont représentées sur les diagrammes en annexe, fig. A.23. à A.32.
*Voir ci-dessous p. 308 la procédure pour le cas particulier du Port-des-Lamberts, sans la variable CC.*

| Port-des-Lamberts | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Phases | DPA | CM | AA | CC | Total |
| 11 | 0 | 0 | 4 | - | 4 |
| 10 | 10 | 12 | 12 | - | 34 |
| 9 | 2 | 12 | 12 | - | 26 |
| 8 | 10 | 12 | 4 | - | 26 |
| 7 | 6 | 4 | 12 | - | 22 |
| 6 | 2 | 4 | 4 | - | 10 |
| 5 | 10 | 4 | 12 | - | 26 |
| 4 | 6 | 4 | 4 | - | 14 |
| 3 | 0 | 4 | 4 | - | 8 |
| 2 | 2 | 4 | 4 | - | 10 |
| 1 | 2 | 4 | 4 | - | 10 |

| Sources de l'Yonne | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Phases | DPA | CM | AA | CC | Total |
| 10 | 2 | 0 | 2 | 0 | 4 |
| 9 | 2 | 4 | 10 | 10 | 26 |
| 8 | 10 | 12 | 6 | 2 | 30 |
| 7 | 2 | 12 | 2 | 10 | 26 |
| 6 | 0 | 12 | 6 | 4 | 22 |
| 5 | 2 | 4 | 6 | 10 | 22 |
| 4 | 6 | 12 | 6 | 2 | 26 |
| 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |

| Quart-du-Bois | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Phases | DPA | CM | AA | CC | Total |
| 8 | 6 | 12 | 2 | 2 | 22 |
| 7 | 2 | 20 | 6 | 6 | 34 |
| 6 | 2 | 12 | 10 | 10 | 34 |
| 5 | 6 | 20 | 10 | 10 | 46 |
| 4 | 10 | 20 | 6 | 2 | 38 |
| 3 | 10 | 12 | 6 | 6 | 34 |
| 2 | 6 | 4 | 2 | 6 | 18 |
| 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |

| Grand Montarnu | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Phases | DPA | CM | AA | CC | Total |
| 13 | 2 | 4 | 2 | 0 | 8 |
| 12 | 10 | 4 | 6 | 2 | 22 |
| 11 | 6 | 4 | 6 | 2 | 18 |
| 10 | 10 | 4 | 6 | 2 | 22 |
| 9 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 8 | 6 | 4 | 2 | 0 | 12 |
| 7 | 6 | 4 | 2 | 2 | 14 |
| 6 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 5 | 6 | 0 | 6 | 2 | 14 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 3 | 0 | 0 | 2 | 6 | 8 |
| 2 | 6 | 0 | 2 | 2 | 10 |
| 1 | 2 | 4 | 2 | 0 | 8 |

| Verny-des-Brûlons | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Phases | DPA | CM | AA | CC | Total |
| 8 | 0 | 4 | 2 | 0 | 6 |
| 7 | 10 | 4 | 10 | 6 | 30 |
| 6 | 10 | 12 | 10 | 0 | 32 |
| 5 | 0 | 4 | 6 | 0 | 10 |
| 4 | 6 | 12 | 6 | 6 | 30 |
| 3 | 2 | 12 | 2 | 2 | 18 |
| 2 | 6 | 12 | 6 | 2 | 26 |
| 1 | 2 | 4 | 6 | 0 | 12 |

| Champ Gazon | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Phases | DPA | CM | AA | CC | Total |
| 23 | 6 | 4 | 6 | 6 | 22 |
| 22 | 10 | 12 | 6 | 2 | 30 |
| 21 | 10 | 4 | 6 | 6 | 26 |
| 20 | 2 | 0 | 2 | 2 | 6 |
| 19 | 6 | 4 | 6 | 6 | 22 |
| 18 | 2 | 0 | 2 | 6 | 10 |
| 17 | 2 | 4 | 2 | 0 | 8 |
| 16 | 2 | 0 | 2 | 2 | 6 |
| 15 | 2 | 4 | 2 | 6 | 14 |
| 14 | 6 | 0 | 2 | 10 | 18 |
| 13 | 0 | 4 | 2 | 0 | 6 |
| 12 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 11 | 6 | 4 | 6 | 6 | 22 |
| 10 | 2 | 0 | 6 | 10 | 18 |
| 9 | 0 | 4 | 2 | 2 | 8 |
| 8 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 7 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 6 | 6 | 4 | 6 | 2 | 18 |
| 5 | 2 | 0 | 2 | 2 | 6 |
| 4 | 6 | 0 | 2 | 6 | 14 |
| 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 2 | 10 | 0 | 2 | 2 | 14 |
| 1 | 2 | 4 | 2 | 0 | 8 |

| Montbé | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Phases | DPA | CM | AA | CC | Total |
| 11 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 10 | 10 | 12 | 6 | 2 | 30 |
| 9 | 6 | 12 | 10 | 0 | 28 |
| 8 | 10 | 12 | 6 | 6 | 34 |
| 7 | 6 | 4 | 6 | 0 | 16 |
| 6 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 5 | 6 | 4 | 2 | 0 | 12 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 3 | 0 | 4 | 2 | 0 | 6 |
| 2 | 2 | 4 | 2 | 0 | 8 |
| 1 | 2 | 4 | 2 | 0 | 8 |

| Etang de Bouquin | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Phases | DPA | CM | AA | CC | Total |
| 10 | 6 | 0 | 6 | 2 | 14 |
| 9 | 10 | 12 | 6 | 2 | 30 |
| 8 | 2 | 12 | 6 | 0 | 20 |
| 7 | 10 | 12 | 6 | 2 | 30 |
| 6 | 2 | 4 | 6 | 2 | 14 |
| 5 | 0 | 12 | 2 | 2 | 16 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 3 | 6 | 12 | 2 | 6 | 26 |
| 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 1 | 0 | 4 | 2 | 0 | 6 |

| Le Vernay | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Phases | DPA | CM | AA | CC | Total |
| 15 | 2 | 4 | 2 | 0 | 8 |
| 14 | 10 | 12 | 2 | 6 | 30 |
| 13 | 10 | 4 | 2 | 0 | 16 |
| 12 | 6 | 12 | 2 | 2 | 22 |
| 11 | 10 | 12 | 2 | 0 | 24 |
| 10 | 0 | 4 | 2 | 0 | 6 |
| 9 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 8 | 6 | 0 | 6 | 6 | 18 |
| 7 | 2 | 4 | 6 | 0 | 12 |
| 6 | 6 | 4 | 6 | 0 | 16 |
| 5 | 0 | 4 | 2 | 0 | 6 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 6 |
| 2 | 0 | 4 | 2 | 2 | 8 |
| 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 6 |

| Nataloup | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Phases | DPA | CM | AA | CC | Total |
| 11 | 2 | 12 | 2 | 0 | 16 |
| 10 | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| 9 | 6 | 12 | 6 | 2 | 26 |
| 8 | 10 | 12 | 6 | 6 | 34 |
| 7 | 0 | 12 | 6 | 2 | 20 |
| 6 | 10 | 4 | 2 | 2 | 18 |
| 5 | 6 | 12 | 6 | 0 | 24 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 0 | 8 |
| 3 | 0 | 4 | 2 | 0 | 6 |
| 2 | 10 | 0 | 2 | 0 | 12 |
| 1 | 2 | 4 | 2 | 0 | 8 |

Hormis pour la présence de pollen de plantes cultivées, la combinaison d'au moins deux critères différents a été retenue pour conclure à l'identification d'une phase d'impact anthropique sur l'environnement et les résultats du calcul des degrés d'impacts sont donc compris dans une fourchette de valeurs qui peuvent aller de 4 à 50. Les résultats de quantification obtenus pour chaque phase de chacun des sites ont été distribués dans six classes, déterminées sur la base de la distribution de ces résultats (voir fig. 3.7.). Dans cette détermination des seuils qui séparent les différentes classes, deux objectifs ont été visés. Le premier de ces objectifs était de former des classes représentées par un nombre d'individus suffisant, dans un esprit de synthèse, ce qui a pour effet de limiter le nombre de valeurs seuils. Le second objectif était, à l'inverse, de garder suffisamment de phases, et donc suffisamment de valeurs seuils, pour préserver la diversité des situations, comme par exemple mettre en évidence les faibles variations du Néolithique. Enfin, le choix a été fait de conserver dans une classe à part une valeur isolée, à l'extrémité haute, de répartition des résultats valeurs qui se distingue « exceptionnelle », et l'isoler permettait de mettre en évidence un cas particulier (voir fig. 3.7. et tab. 3.3.).

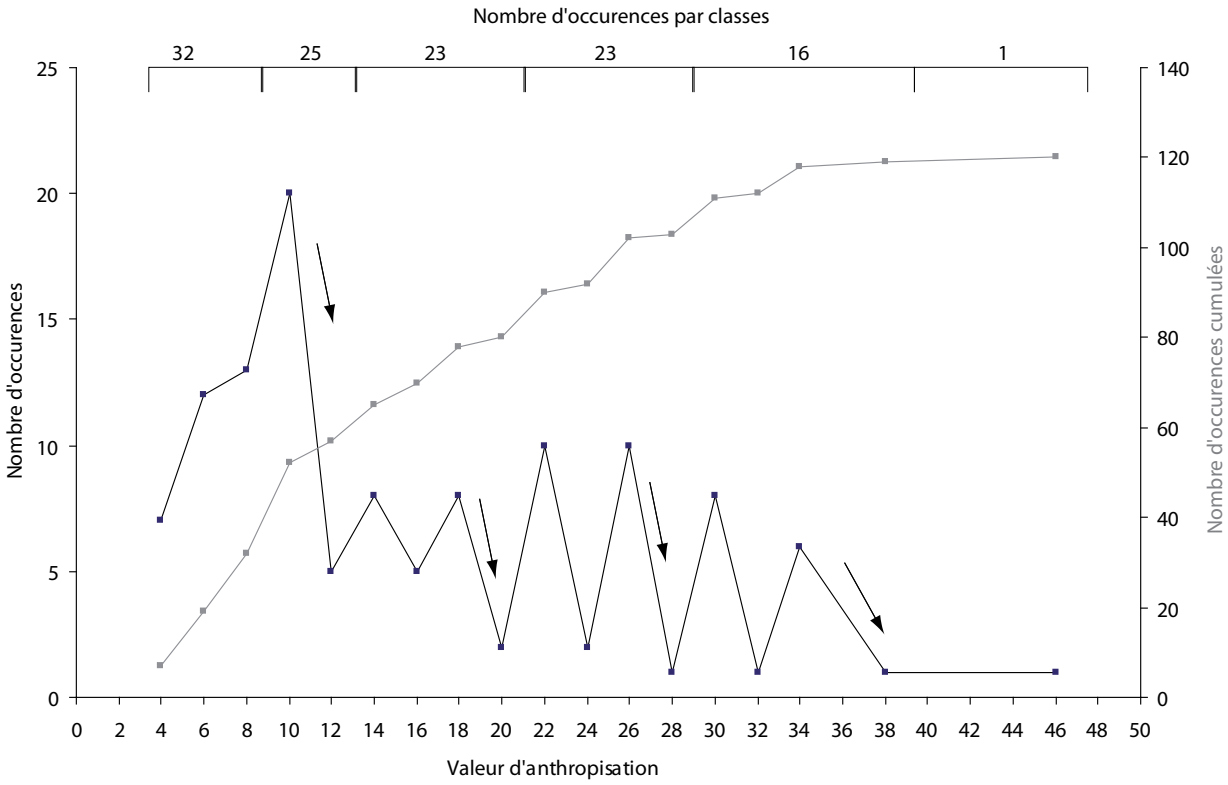



**Fig. 3.7.** Diagramme de distribution des phases d'anthopisation par rapport à la valeur d'impact anthopique et regroupement par classes ; chaque pic représente potentiellement une classe de valeur. La somme des occurrences étant égale à 120, si l'on retire l'occurrence de valeur exceptionnelle égale à 46 et que l'on souhaite obtenir cinq classes inférieures - très faible, faible, moyennement fort, fort et très fort - alors le nombre moyen d'occurences par classes doit être égal à 119/5 ≈ 23), ce qui permet de déterminer avec les pics les classes.

| Valeurs calculées | Nombre d'occurrence par valeur | Nombre d'occurrences par classe | Classes |
|---|---|---|---|
| 4 | 7 | 32 | ***très faible*** |
| 6 | 12 | | |
| 8 | 13 | | |
| 10 | 20 | 25 | ***faible*** |
| 12 | 5 | | |
| 14 | 8 | 23 | ***moyennement fort*** |
| 16 | 5 | | |
| 18 | 8 | | |
| 20 | 2 | | |
| 22 | 10 | 23 | ***fort*** |
| 24 | 2 | | |
| 26 | 10 | | |
| 28 | 1 | | |
| 30 | 8 | 16 | ***très fort*** |
| 32 | 1 | | |
| 34 | 6 | | |
| 38 | 1 | | |
| 46 | 1 | 1 | ***exceptionnel*** |

**Tab. 3.3.** Répartition des différentes valeurs obtenues dans 6 classes : impact ***très faible*** à ***exceptionnel***.

**Cet essai de quantification ne prétend nullement représenter une réalité sur le terrain, qui pourrait traduire un degré de défrichement ou une surface mise en culture par exemple**. La démarche ne vise pas à attribuer une valeur absolue et n'a pas de vocation à la modélisation du paysage. Il s'agit ici d'**attribuer une valeur relative aux différentes phases d'anthropisation qui, une fois reportées sur les modèles d'âge, vont permettre une comparaison diachronique des impacts anthropiques enregistrés sur les différents sites**. Le but ultime est de dégager les grandes tendances dans les relations Homme-milieu à l'échelle du massif du Morvan et de proposer un mode de représentation qui rende plus accessibles les données paléoécologiques, plus aptes à être mises en corrélation avec les données archéologiques et historiques. Et, au terme de la démarche, des cartes diachroniques de représentation spatiale des différentes phases d'anthropisation sur chaque site, ont été produites avec cette intention particulière (fig. A.33.)

Enfin, par rapport aux diagrammes établis en âges extrapolés, ce mode de représentation présente l'avantage majeur de pouvoir faire figurer l'incertitude temporelle des datations $^{14}C$ calibrée à 2 sigma ; ces plages d'incertitude qui encadrent les phases d'anthropisation identifiées sont figurées en grisé sur les figures de synthèse (fig. A.23. à A.33.).

Pour retracer l'histoire des impacts anthropiques sur le couvert végétal du Morvan et comparer leurs rythmes et leurs caractères avec les données archéologiques et historiques, nous présen-

tons les diagrammes chronostratigraphiques d'anthropisation ainsi obtenus tout d'abord pour l'ensemble des sites analysés et des tranches chronologiques (fig. A.33.) ; puis de façon simplifiée, par grandes phases chrono-culturelles (fig. 3.8. à 3.11.). La discussion sur les phases d'anthropisation s'appuiera à la fois sur ces diagrammes à caractère semi-quantitatif, projetés sur les modèles d'âge et sur l'analyse des diagrammes d'anthropisation sur lesquels figurent les différentes phases d'anthropisation avec une caractérisation qualitative (fig. A.23. à A.33.).

Il faut enfin signaler le cas particulier du Port-des-Lamberts, seule séquence du Morvan qui n'a pas fait l'objet d'une analyse des microfossiles non-polliniques. Afin de pouvoir tout de même l'intégrer dans la comparaison entre les différents sites, nous avons procédé un peu différemment pour les déterminations qualitatives et semi-quantitatives des phases d'anthropisation. Pour les phases à caractère qualitatif, seuls deux types ont été distingués. Tout d'abord, la phase à caractère agricole, comme pour les autres séquences, elle est induite par la présence de pollen de plantes cultivées et/ou messicole. Ensuite, les autres phases, caractérisées par une importante chute de taxons arboréens et la présence de taxons rudéraux et d'autres apophytes, ont été individualisées sans pour autant leur donner un caractère pastoral systématique. Afin d'obtenir des valeurs de degrés d'impacts anthropiques comparables aux autres sites, une valeur de 4 a été attribuée à la variable «Autres Apophytes», considérant ici qu'elle pouvait aussi contenir l'indication d'activités pastorales.

Sur les diagrammes d'anthropisation, en plus des indices polliniques et non-polliniques d'anthropisation, ont aussi été reportés, d'autres marqueurs potentiels ou avérés de l'activité humaine. Il s'agit des micro-charbons, d'une part, des phases de paléopollution révélées par les analyses géochimiques, d'autre part (représentation simplifiée, pour le détail des analyses géochimiques, se reporter aux chapitres concernant les trois sites où ont été réalisées ce type d'analyse, chap. 2.1.1., 2.1.3. et 2.2.6.).

## 3.3.2. Du Néolithique à nos jours, les grandes étapes de l'histoire des impacts des activités humaines sur le couvert végétal du Morvan

### 3.3.2.1. Du Paléolithique au Mésolithique : les chasseurs-cueilleurs en Morvan

La chronologie des 10 séquences sédimentaires prélevées dans les tourbières du Morvan ne permet que rarement d'observer l'évolution de la végétation du Tardiglaciaire et du début de l'Holocène (voir ci-dessus chap. 3.1.). Les données sur l'environnement des sociétés paléolithiques, et de celles du début du Mésolithique (de 15000 à 9000 cal BP environ), sont donc ici assez fragmentaires. De même, malgré l'existence de sites importants en périphérie du massif, l'état des connaissances archéologiques concernant la fréquentation du Morvan durant ces périodes est extrêmement lacunaire (voir chap. 1.3.). Pour le Mésolithique, c'est à l'occasion de fouilles archéologiques de sites occupés lors de périodes plus récentes, que des vestiges ont été mis au jour : comme par exemple à Bibracte (Buchsenschutz *et al.* 1999), sur l'îlot Cernay à Montsauche-les-Settons (Joly et Olivier 1972). Concernant l'apport des données paléoécologiques, il faut considérer que les traces laissées par les communautés de chasseurs-cueilleurs sur leur environnement végétal n'ont pas la même ampleur que celles laissées par les sociétés agro-pastorales, et n'ont pas des signatures aussi caractéristiques que celles laissées par les activités agro-pastorales. Cependant, récemment, dans des secteurs où la proximité est avérée entre un site archéologique reconnu et une structure naturelle, lac ou tourbière, propice à l'analyse paléoécologique (pollen, macro-restes végétaux), des impacts sur l'environnement végétal ont pu être mis en évidence, comme par exemple en Allemagne (Bos et Urz 2003), en Estonie (Poska *et al.* 2004), ou sur le massif alpin (Moe *et al.* 2007).

La question de traces de Néolithisation précoces identifiées par l'analyse pollinique

Pour la fin de la période mésolithique, dans certaines régions, des traces d'agricultures antérieures à la chronologie de diffusion néolithique reconnue par l'archéologie et corrélées ou non à la présence d'indices d'occupations archéologiques, ont pu être identifiées par différents auteurs (Richard 2004). En contexte montagnard, on peut citer l'exemple du Champsaur dans

les Alpes, avec des indices polliniques à moyenne et haute altitude autour de 6200-6000 cal BC (Court-Picon 2007) ; sur le massif jurassien, les indices les plus anciens sont enregistrés autour de 5800 cal BC (Richard et Ruffaldi 2004) ; dans le Cantal F. Surmely *et al*. (2009) ont mis en évidence une occupation néolithique très précoce (5900-5400 cal BC) Très récemment, sur le plateau Suisse, (Tinner *et al.* 2008) ont proposé l'existence d'un Néolithique «pré-céramique» en Europe centrale, correspondant chronologiquement à la phase culturelle du Mésolithique récent, entre 6700 et 5500 cal BC, en se basant sur les résultats obtenus sur dix séquences localisées sur le plateau suisse ; des indices aussi anciens avaient déjà été signalés dans la région de Zürich (Haas 1996). Enfin, des indices polliniques d'agriculture précoce ont aussi été identifiés à basse altitude, dans le Berry par exemple, toujours autour de 5800 cal BC (Gauthier 2004), ainsi que dans le Bassin parisien (Leroyer 2004), dans le courant du VI$^{e}$ millénaire avant notre ère et pour lesquels l'auteur reste sur cette interrogation : « *devons-nous privilégier l'éventualité d'un courant de néolithisation très précoce et non-corroboré par les données archéologiques ou l'hypothèse de groupes du Mésolithique final qui pratiqueraient épisodiquement la céréaliculture ?* ». De fait, l'identification de traces précoces d'activités agro-pastorales antérieures aux premiers vestiges archéologiques attestant de la présence de sociétés néolithiques est une question qui fait toujours débat aujourd'hui (Behre 2007, Tinner *et al.* 2007, Tinner *et al.* 2008).

Dans le Morvan, à la lumière des résultats des analyses citées ci-dessus, deux séquences peuvent évoquer l'existence de perturbations d'origine anthropique. Tout d'abord, on note la présence de micro-charbons et d'irrégularités dans les courbes de certains arbres (orme et aulne notamment) au Vernay (fig. A.28.). Les études régionales mentionnent souvent ce type de signature pour la présence anthropique de groupes de chasseurs-cueilleurs, qui utilisaient peut-être le feu à des fins cynégétiques et/ou pour une gestion des ressources forestières. Mais l'événement le plus remarquable pour cette fin de période mésolithique est un épisode d'ouverture du couvert forestier enregistré au Verny-des-Brûlons (voir chap. 2.2.6. et fig. A.32., ZPL VB 2b), une ouverture locale qui profite aux graminées sauvages et au mélampyre. Parallèlement, trois grains de pollen dont les critères morphologiques correspondent à ceux du type *Cerealia* ont été identifiés au début de cette ouverture (deux grains pouvant être rattachés au groupe *Triticum*-type de Beug 2004, diamètre de 45 µ et 56 µ et pores respectivement de 11,5 µ et 12 µ, le troisième grain plus proche du groupe *Hordeum*-type avec un diamètre de 37 µ et un pore de 12 µ). Toutefois, la

seule présence de grains de pollen *Cerealia*-type ne suffit pas à conclure à l'existence de culture de céréales (voir chap. 1.3.1.3.), d'autant plus qu'ils ne sont pas ici particulièrement associés à des marqueurs forts d'anthropisation (voir fig. A.32), mais plutôt à des marqueurs d'ouverture du milieu plus ubiquistes. Une date radiocarbone de 7370±40 BP, soit 6360-6090 cal BC (8310-8040 cal BP), montre que le début de la chute du rapport PA/T au Verny-des-Brûlons est synchrone avec la péjoration climatique qui affecte l'Optimum climatique holocène, « l'évènement 8200 » (*8.2 ky event*), dont les effets en Europe occidentale sont perceptibles (Magny 2004) entre 8300 et 8050 cal BP. D'après les modélisations réalisées ces dernières années, le refroidissement provoqué a donné lieu à des hivers particulièrement rigoureux et longs et certains auteurs ont proposé d'interpréter la baisse du rapport du total des arbres, non pas seulement comme le reflet d'une baisse de la population, mais aussi comme le résultat d'une baisse de la pollinisation, notamment celle des essences printanières comme *Corylus*, *Alnus*, *Ulmus*, pénalisée par la longueur des rigueurs hivernales (Sarmaja Korjonen et Seppa 2007). On peut donc aussi envisager ce type d'impact sur la pollinisation de la forêt du Morvan, mais la faiblesse du nombre des séquences disponibles pour cette époque, et leur incertitude chronologique, ne permettent pas d'identifier la présence d'un phénomène à l'échelle du massif. Quoiqu'il en soit, dans le Morvan, l'absence de données archéologiques ne permet pas aujourd'hui de trancher entre les trois hypothèses suivantes pour expliquer l'enregistrement du Verny-des-Brûlons : les effets d'un événement climatique global, une évolution très locale de la végétation de la zone humide ou le résultat d'une action humaine. On peut aussi émettre l'hypothèse d'un processus naturel qui aurait été amplifié par l'action de l'Homme… A ce jour, l'absence de références écologiques locales, et l'indigence des données archéologiques régionales concernant le Mésolithique, ne permettent pas, sur les deux séquences du Vernay et du Verny-des-Brûlons, d'identifier avec certitude la signature d'impacts anthropiques sur le couvert végétal.

### 3.3.2.2. Le Néolithique (5000 – 2300 cal BC) : les premières traces d'anthropisation et le développement des activités agro-pastorales.

Six des dix diagrammes polliniques du Morvan concernent tout, ou une partie au moins, de la période néolithique (fig. 3.8.). Un seul de ces enregistrements concerne le haut Morvan : le Grand-Montarnu ; les cinq autres séquences sont situées dans le Morvan des collines : Champ Gazon, Nataloup, le Vernay, l'étang de Bouquin et le Verny-des-Brûlons. Le site de l'étang de Bouquin à Dun-les-Places n'apparaît pas sur la figure de synthèse 3.8. car, en l'absence de date $^{14}$C cohérente, il est impossible de définir avec certitude la chronologie exacte de la phase du Néolithique enregistrée au sein de la tourbière (voir chap. 2.5.). On peut seulement signaler l'absence d'indices d'anthropisation du couvert végétal au cours de cette phase indéterminée du Néolithique.

Parmi les cinq séquences utilisées pour la figure de synthèse, seule la chronologie de trois d'entre elles concerne l'intégralité du **Néolithique ancien** : celle des tourbières du Vernay et du Verny des Brûlons dans le Morvan central et celle de la tourbière du Grand Montarnu au sud, dans le haut Morvan. Dans les deux secteurs géographiques des traces d'anthropisation précoces, situées autour de 5000 cal BC ont été identifiées (sites du Vernay et du Grand-Montarnu). Dans les deux cas, les chutes ponctuelles du pollen de chêne (*Quercus*) et de pin (*Pinus*) indiquent

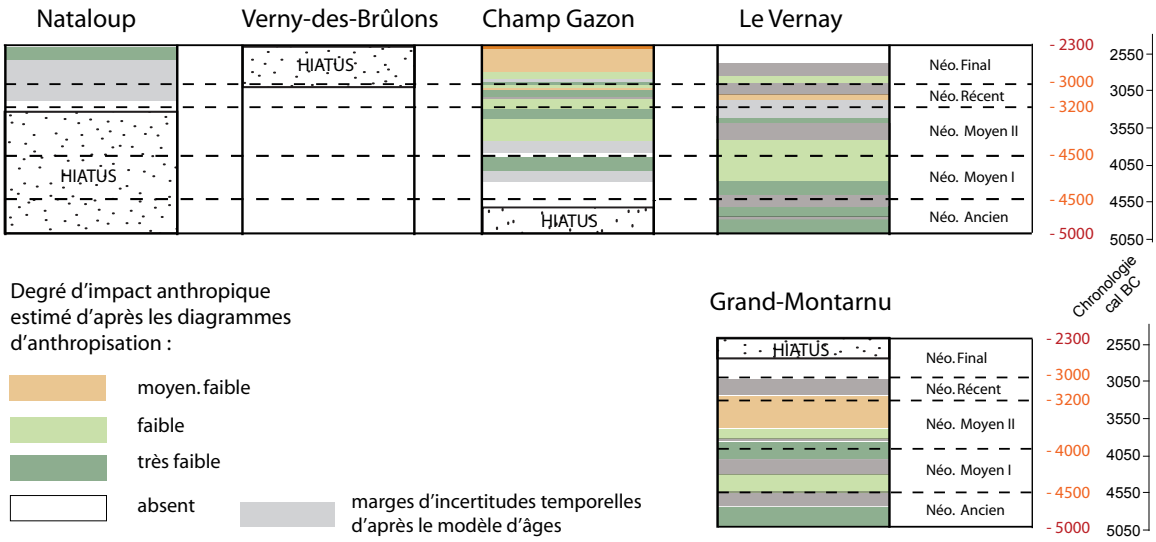



**Fig. 3.8.** Phases d'anthropisation du Néolithique : projection chronologique

des défrichements principalement ciblés sur ces deux essences de la chênaie mésothermophile qui représente alors le couvert forestier du Morvan. L'ouverture du milieu reste de faible ampleur spatiale et temporelle. Elle est accompagnée par une augmentation de pollen d'herbacées favorisée par l'éclaircissement ou l'ouverture de la forêt, comme le mélampyre (*Melampyrum*), et probablement les digitales (*Scrophularia*-type). Au Grand-Montarnu, les défrichements sont associés à la présence de grains de pollen de céréales, pouvant provenir de la culture de blé, d'orge ou d'avoine, à l'apparition du pollen d'ortie et à une occurrence de pollen de coquelicot (*Papaver rhoeas*) ; au Vernay, les indicateurs de pastoralisme précèdent les premières occurrences de céréales. Les défrichements y sont contemporains de l'apparition d'ascospores du champignon coprophile *Cercophora*, de l'augmentation d'une rudérale, l'oseille (*Rumex*), et d'un grand nombre d'apophytes comme l'armoise (*Artemisia*), la potentille (*Potentilla*-type), les composées de type Asteroideae, les Caryophyllacées… Au Verny-des-Brûlons, aucun impact néolithique n'a pu être identifié dans le diagramme qui couvre presque l'intégralité de la période, du Néolithique ancien jusqu'au Néolithique récent (soit de 5000 à 3200/3000 cal BC). Sur la tourbière de Champ-Gazon, la présence d'un hiatus sédimentaire ne permet pas de saisir le début du Néolithique ancien, toutefois, la partie de séquence qui correspond probablement à la fin de la cette première phase culturelle, ne montre pas de trace tangible d'activités agro-pastorales. Ainsi, dès le début du Néolithique, les résultats des analyses polliniques du Morvan attestent pour la première fois la fréquentation du massif, alors qu'aucun artéfact ou site clairement daté du Néolithique ancien n'y a été identifié à ce jour (Martineau *et al.* 2007). Les analyses polliniques et les microfossiles non polliniques révèlent la présence d'agriculteurs-éleveurs dès le début de la période, autour de 5000 cal BC, tant dans le haut Morvan des collines que dans le haut Morvan montagnard. En l'absence de données archéologiques, il n'est bien sûr pas possible de déterminer à quel groupe culturel se rattachent ces premières communautés d'agro-pasteurs ; comme on a pu le voir en début de ce volume (chap. 1.3.), le Morvan se situe à la limite entre les deux courants néolithiques de diffusion danubien et méditerranéen (Demoule 2007).

Au **Néolithique Moyen**, entre 4500 et 3200 cal BC, l'impact des sociétés humaines sur l'environnement se généralise et s'affirme autour des sites du Vernay, de Champ Gazon et du Grand-Montarnu (voir fig. A.28., A.29. et A.25.). Ici, le rythme de ces impacts peut être saisi avec une résolution temporelle satisfaisante, les parties de séquences concernées étant relative-

ment bien datées et les intervalles d'incertitudes temporels pas trop importants (voir fig. A.33. et fig. 3.8.). Les occurrences de céréales restent sporadiques (surtout au Grand-Montarnu et à Champ-Gazon) mais partout les indices de la présence de bétail augmentent durablement. Des ouvertures du milieu forestier sont évoquées par des chutes du rapport PA/T plus importantes qu'auparavant. Leur ampleur est parfois très forte localement, particulièrement à Champ Gazon, alors que les marqueurs d'anthropisation gardent une présence somme toute modeste (hormis les champignons coprophiles du genre *Cercophora*). Des modifications dans la dynamique de végétation des tourbières peuvent aussi expliquer en partie ces variations, qu'elles soient ou non le résultat d'une intervention humaine (voir aussi chap. 2.3.). A Champ Gazon comme au Grand-Montarnu l'augmentation de la pression anthropique est surtout perceptible en seconde partie de période, soit au Néolithique Moyen II (entre 4000 et 3200 cal BC). Ces enregistrements de défrichements, d'agriculture et surtout de présence de bétail à proximité des tourbières étudiées, s'accordent avec les données archéologiques puisque la majorité des sites néolithiques d'occupation datables dans le Morvan se rapporte à cette période (Martineau *et al.* 2007). C'est aussi à cette période qu'apparaissent sur le Morvan les premiers habitats fortifiés de hauteurs : occupation sur le Mont-Beuvray (Buchsenschutz *et al.* 1999), sur le site de l'Huis l'Abbé à Corancy (Péquignot *et al.* 2001) ou encore sur l'îlot Cernay (Joly et Olivier 1972) à Montsauche. Les occupations proches, surtout en bordures occidentales du massif, à Monthelon ou à Saint-Pantaléon au nord d'Autun, enceintes ou monuments mégalithiques, ont livré du matériel culturellement rattaché au Chasséen, mais aussi et surtout au Néolithique Moyen Bourguignon (NMB) (Francisco 2006). Ce groupe culturel qui, au Néolithique Moyen II occupe une ère géographique centrée sur la Bourgogne et le Jura, semble aussi englober le massif du Morvan (Demoule 2007). Enfin, l'analyse des données polliniques et non-polliniques permet de montrer la place prépondérante que tient l'activité pastorale dans cette phase d'occupation. Une utilisation préférentielle des zones humides que sont les tourbières pour le pastoralisme peut être également envisagée pour cette période.

Durant la courte phase du **Néolithique récent**, entre 3200 et 3000 cal BC, la perception des activités anthropiques sur l'ensemble des sites précités reste semblable à celle qui caractérisait la phase précédente. Une séquence supplémentaire vient documenter la fin du Néolithique, avec la reprise de l'accumulation tourbeuse à Nataloup, après un hiatus sédimentaire de plusieurs

millénaires. Celle-ci n'a pas enregistré de trace d'impact humain tangible sur l'environnement végétal.

Au **Néolithique final**, les signes d'une déprise agropastorale dans la zone située à proximité des tourbières du Vernay et du Grand-Montarnu sont incontestables (fig. A.28. et A.25.). Si le modèle d'âge ne peut fournir une date précise pour le début de la déprise, mais il la situe avec certitude dans un intervalle de temps compris entre 3000 et 2300 cal BC, qui correspond au Néolithique final dans cette région de Bourgogne (voir fig. 3.8.). A l'inverse, les marqueurs d'activités agro-pastorales augmentent nettement à Champ Gazon, une augmentation qui va se poursuivre jusqu'à la transition avec le début de l'âge du Bronze. A Nataloup, une première phase d'anthropisation du couvert végétal, à caractère principalement agricole et dont l'impact perçu est plutôt faible, se situe dans le même intervalle de temps. La proximité entre les deux sites, moins de 3 kilomètres à vol d'oiseau dans la vallée de la Cure, une zone aux reliefs peu accentués, permet d'envisager que ces deux événements concomitants sont le résultat d'une même dynamique d'anthropisation. Il est probable que les deux tourbières soient situées dans le territoire exploité par les hommes occupant le site de l'îlot Cernay. Les recherches pluridisciplinaires sur les sites lacustres de Chalain/Clairvaux dans le Jura à la même époque (Pétrequin *et al.* 2002), ont pu démontrer l'ampleur du territoire exploité par les communautés villageoises pour leur approvisionnement en matière première (jusqu'à 30 km). Ici, il n'est donc pas aberrant de considérer les tourbières de Champ Gazon et de Nataloup dans l'ère d'exploitation de l'habitat de l'îlot Cernay, ceux-ci étant situés dans un secteur de moins de 5 km de rayon. Nataloup, plus éloigné du site d'habitat aurait enregistré un signal atténué par rapport à Champ Gazon, plus au centre du système sylvo-agro-pastoral. A la transition Néolithique/âge du Bronze la dynamique de déprise se poursuit au Vernay et touche aussi le site de Nataloup, alors que l'impact anthropique s'intensifie avec la présence toujours plus forte d'indices de proximité de bétail (*dung-indicators*) à Champ Gazon. Un hiatus sédimentaire, qui va couvrir environ un millénaire, empêche de suivre l'étendue temporelle de la déprise enregistrée sur le site du Grand-Montarnu dans le haut Morvan.

Ainsi, les diagrammes polliniques du Morvan évoquent une modification des dynamiques d'occupation - ou tout du moins d'exploitation du milieu - au Néolithique final. Pourtant, les cartes d'occupation dressées suite à l'inventaire archéologique réalisé dans le cadre de l'ACI

TEPANEO (Martineau *et al.* 2007) ne montrent pas de rupture franche entre les Néolithiques moyen et final sur une ère géographique comprenant le massif du Morvan et de ses marges. A l'échelle du territoire français, le début du III^e^ millénaire avant notre ère est marqué par l'émergence de cultures matérielles nouvelles et l'essor de courants commerciaux de large envergure : la céramique campaniforme et les lames en silex du Grand-Pressigny (Tarrête et Joussaume 1998) ; (Demoule 2007). Dans quelques régions privilégiées où les études archéologiques et paléoenvironnementales ont pu être confrontées, une intensification de l'emprise agricole des sociétés en basse altitude a pu être observée, comme en région Centre ou dans la vallée de l'Yonne par exemple (Martineau *et al.* 2007). Et l'hypothèse d'une poussée démographique a pu être émise, illustrée par l'émergence de nouvelles pratiques agraires, et mise en relation avec l'apparition d'un nouvel outillage de grandes lames en silex à l'échelle de l'Europe occidentale (Vannière et Martineau 2005). Concernant les études palynologiques, cette phase correspond à une augmentation des bio-indicateurs des pratiques agro-pastorales dans d'autres zones de moyenne montagne en France, comme dans le Jura (Gauthier 2004), les Pyrénées (Galop 1998), le plateau de Millevaches (Miras 2004) ou encore dans le massif du Champsaur sur le versant occidental des Alpes (Court-Picon 2007), pour ne citer que les travaux de thèse. A l'inverse, c'est aussi une déprise qui caractérise le Néolithique final au nord-ouest du Morvan, en Puisaye, sur la tourbière des « Comailles » dans la vallée du Branlin (Saint-Sauveur-en Puisaye, Yonne) (analyses I. Jouffroy-Bapicot, inédit), alors que la carte de répartition des vestiges archéologiques montre une véritable « explosion » de l'occupation dans la vallée de l'Yonne, à une vingtaine de kilomètres plus au nord. Ces zones du Morvan et de la Puisaye semblent en marge du développement agricole qui se serait concentré dans des zones considérées alors comme plus favorables. Plus qu'une baisse de l'occupation humaine à l'échelle régionale (Centre-Est de la France), la baisse des indices paléoenvironnementaux enregistrée sur la majorité des séquences et l'augmentation qui ne touche que quelques autres, serait le reflet d'une nouvelle organisation de l'exploitation des terroirs mise en œuvre par les sociétés humaines au cours du III^e^ millénaire avant notre ère. Dans le cas du massif du Morvan, on peut aussi envisager des modifications dans l'exploitation du milieu à l'échelle du massif, avec une baisse d'attractivité des zones humides par rapport aux périodes précédentes, et un phénomène de concentration dans des secteurs plus favorables aux activités agropastorales à l'intérieur de l'espace intra-morvandiau. Pour aller plus loin dans ces

hypothèses, il serait nécessaire de procéder à l'analyse palynologique de séquences situées dans les zones basses autour du massif (comme la vallée de l'Arroux ou l'Autunois par exemple), ou encore d'initier des recherches paléoenvironnementales dans des zones très bien documentées par les données archéologiques telles de la vallée de l'Yonne.

Alors que l'analyse semi-quantitative des données archéologiques donne une image relativement uniforme des dynamiques d'occupation néolithiques sur l'ensemble du massif (Martineau *et al.* 2007), les enregistrements paléoenvironnementaux montrent de claires disparités locales. Des disparités qui évoquent le caractère très local de l'enregistrement pollinique de ces petites structures que sont les tourbières du Morvan, surtout dans l'environnement encore très forestier qui caractérise cette période. Elles mettent aussi en lumière la proximité du signal anthropique perçu par rapport aux sites qui en sont à l'origine. L'importance de ce rapport de proximité a déjà été remarqué dans d'autres contextes géographiques où de nombreuses séquences sur un secteur restreint pouvaient être mises en rapport avec les sites d'occupation, comme c'est le cas dans le Bassin parisien (Leroyer 2006). Enfin, partout le caractère très discontinu des impacts perçus (voir fig. 3.8.) évoque la mobilité des pratiques, si ce n'est celle des groupes humains qui les ont exercées. Un caractère discontinu qui est souvent perçu par les études paléoenvironnementales concernant le Néolithique ancien et Néolithique moyen (e.g. Gauthier 2004, Richard 2000, Richard 2004, Rösch 1996).

Enfin, au nord-est du Morvan, durant la majeure partie du Néolithique, la région de Saint-Agnan, autour de la tourbière du Verny-des-Brûlons, ne semble pas ou que très peu fréquentée ; les indices paléoenvironnementaux et archéologiques se rejoignent dans ce sens. La répartition des artéfacts archéologiques et des séquences qui ont enregistré un impact anthropique évoque le rôle pénétrant des vallées, vallée de la Cure et vallée de l'Yonne pour la moitié nord du massif. Les traces récurrentes et précoces peuvent paraître plus étonnantes dans le haut Morvan, aux confins géographiques et altitudinaux du bassin de l'Arroux, mais ce secteur de la vallée de l'Arroux, jusqu'à l'Autunois est riche en vestiges d'occupation et de fréquentation tout au long de la période (Martineau *et al.* 2007, Péquignot *et al.* 2001), et c'est peut-être par cette voie que des groupes humains ont pénétré jusque dans la partie sud, la plus montagnarde du massif. Cette observation ouvre une piste dans le modèle de peuplement du Morvan, avec deux axes

de pénétration, l'un au nord et l'autre au sud-est, une hypothèse qu'une meilleure connaissance archéologique affirmera ou infirmera peut-être un jour.

### 3.3.2.3. Les âges des Métaux (2300-50 cal BC).

L'âge du Bronze (2300-800 cal BC)

Après une **transition entre le Néolithique final et le Bronze ancien** toujours marquée par une intensification des indices d'anthropisation à Champ Gazon, et par les signes d'une déprise sur les quatre autres enregistrements qui concernent cette période, le **Bronze ancien** montre ensuite partout des traces d'activités agropastorales (fig. 3.9.). Dans le Morvan des collines, les impacts sur le couvert végétal sont toujours modérés mais plus continus qu'au Néolithique. A Montbé et à Nataloup, l'impact des activités agricoles reste assez faible, et les défrichements semblent ne toucher que des formations secondaires, ils épargnent la hêtraie qui commence à prendre de l'importance – même s'ils finissent par affecter la chênaie à Montbé. En revanche, dans les deux cas on observe une baisse importante des aulnaies, une baisse dans laquelle le rôle de l'Homme peut être envisagé, même si les variations de cette essence sont aussi très dépendantes des conditions édaphiques (voir ci-dessus chap. 3.2.4.). A quelques kilomètres au sud, la tourbière de Champ Gazon continue à enregistrer le témoignage d'activités humaines variées et

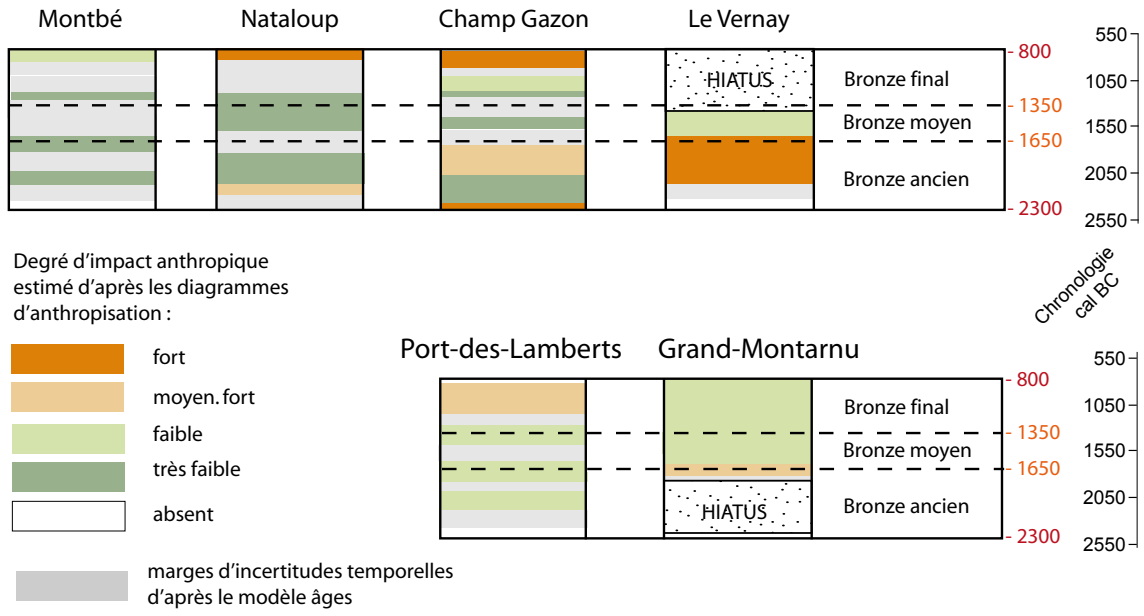



**Fig. 3.9** Phases d'anthropisation de l'âge du Bronze : projection chronologique

ininter.rompues où alternent et se combinent agriculture et pastoralisme. Ici encore, le couvert forestier semble peu affecté. Au Vernay, les indices sont plus tardifs et ce sont principalement des marqueurs de pastoralisme : champignons coprophiles, orties, potentilles, augmentation des prairiales. Une occurrence de pollen de seigle peut-être notée, mais elle est difficile à interpréter ici en termes d'agriculture, car à cette période cette espèce est plutôt une adventice qu'une plante cultivée (voir ci-dessus chap. 3.2.5.). Toutefois, l'ouverture du milieu est assez importante autour de ce site, au moins à partir d'environ 2000 cal BC.

La séquence du Port-des-Lamberts, qui est la seule à renseigner la période du Bronze ancien dans le haut Morvan montagnard, est aussi marquée par la présence discontinue mais répétée de marqueurs polliniques d'anthropisation : pollen de céréales, de rudérales variées et baisse des pourcentages de pollen d'arbres. Les défrichements sont bien perceptibles, ils touchent le pin et le tilleul dans un premier temps, puis, alors qu'ici aussi le hêtre prend une place grandissante, ce sont les principales essences qui composent la forêt du haut Morvan qui vont être utilisées : le chêne et le hêtre et dans une moindre mesure le pin. Contrairement à ce qui se passe dans le Morvan des collines, la présence humaine ne semble pas affecter l'aulnaie locale.

A la transition entre Bronze ancien et **Bronze moyen** on observe la reprise d'une accumulation tourbeuse continue au Grand-Montarnu, une reprise qui enregistre non seulement les témoins polliniques d'activités agro-pastorales, mais aussi les toute premières traces de paléo-pollutions révélées par l'analyse géochimique (voir chap. 1.3.4.2. et chap. 2.1.3.). Ces indices d'activités minières et/ou métallurgiques sont associés à une instabilité des courbes du hêtre et de l'aulne (avec toutes les réserves que l'on a déjà formulé sur les fluctuations des aulnaies), plus qu'à une ouverture marquée du couvert forestier (fig. A.25.). Ailleurs, dans le haut Morvan, comme dans le Morvan des collines, la période du Bronze moyen (1650 et 1350 cal BC) correspond incontestablement à une baisse dans l'impact des activités anthropiques. Au Port-des-Lamberts, à Montbé et à Nataloup (fig. A.23., A.27. et A.30.), les indices d'impacts ne disparaissent pas complètement mais ils sont faibles et discontinus. La séquence de Champ Gazon (fig. A.29.) enregistre une fermeture du milieu radicale à proximité de la tourbière, alors que c'est le site qui est plus le proche de vestiges archéologiques reconnus de l'âge du Bronze moyen – vestiges situés au Mont-Moux sur la commune de Moux-en-Morvan (Chevrier 2002). La prédominance écrasante du couvert forestier est accompagnée d'une augmentation de l'hygrométrie de la tour-

bière (voir chap. 2.2.3.). Ces bouleversements sont contemporains d'une péjoration climatique centrée sur la période du Bronze moyen (voir ci-dessus chap. 3.2.4.), une péjoration climatique dont le calage chronologique est bien documenté par l'étude des fluctuations des lacs alpins et jurassiens (e.g. Magny 2004). Cette phase de haut niveau des lacs a provoqué l'abandon des habitats lacustres (Gauthier et Richard 2008, Gauthier et Richard 2009, Magny *et al.* 2007, Richard et Gauthier 2007). Ainsi, comme on a déjà pu l'évoquer pour le cas particulier de Champ Gazon (voir chap. 2.2.2.), la déprise agro-pastorale enregistrée au Bronze moyen par les tourbières du Morvan, pourrait s'expliquer par la baisse d'attractivité de l'environnement immédiat des tourbières étudiées, à cause d'un niveau d'humidité plus élevé par rapport aux périodes antérieures. Cette interprétation serait plus en accord avec le schéma d'occupation perçu par les archéologues, que celle d'une déprise à l'échelle du massif morvandiau. En effet, au cours de l'âge du Bronze, le Bronze moyen est la période durant laquelle les indices archéologiques sont les plus nombreux sur le massif et ses marges (Chevrier 2002, Gabillot 2007). Plus largement, à l'échelle des régions actuelles de Bourgogne/Franche-Comté, l'étude récente du mobilier de nombreux et riches dépôts (Forel *et al.* 2009), a conduit ses auteurs à évoquer l'existence de productions locales « *d'objet d'inspiration exogène* » à partir « *d'une matière première indigène* » (Gabillot *et al.* 2009).

L'âge du **Bronze final** n'enregistre toujours pas d'impact anthropique de grande ampleur à Nataloup et à Montbé, même si le pollen de plantes rudérales reste bien présent et parfois accompagné de grains de pollen de céréales (voir fig. A.30. et A.27.). En revanche, à proximité de la tourbière de Champ Gazon (fig. A.29.) l'ouverture du milieu est sensible, affectant particulièrement la hêtraie, et les indices d'agriculture et de pastoralisme sont à nouveau discrètement mais régulièrement présents. Dans le haut Morvan, les défrichements prennent une nouvelle ampleur au Port-des-Lamberts, où ils sont clairement associés à une phase d'apport de micropolluants atmosphériques métalliques, les premiers sur ce site. Les activités minières et/ou métallurgiques, à l'origine des paléopollutions et d'une déforestation relativement importante de la hêtraie, couvrent presque toute la période, du milieu du 13$^{e}$ siècle au 9$^{e}$ siècle avant notre ère. La fin de l'âge du Bronze (environ entre 900 et 800 cal BC) voit les apports atmosphériques diminuer et les indices d'activité agropastorales, jusque là très discrets, augmenter sensiblement. A l'inverse, au Grand-Montarnu, à quelques kilomètres plus haut dans la montagne morvandelle,

les paléopollutions métalliques, interrompues depuis la fin du Bronze moyen, réapparaissent à la fin du Bronze final. Tout au long de la période les impacts anthropiques sont présents, avec une emprise agro-pastorale plus marquée au début du Bronze final, qui occasionne ponctuellement des défrichements importants de la hêtraie. On serait tenté de voir un déplacement de l'activité métallurgique entre les deux sites, mais la faible résolution et les marges d'incertitudes temporelles de nos séquences paléoenvironnementales doivent nous inciter à la prudence dans l'identification d'événements séculaires.

Comme pour le Néolithique, l'approche paléoécologique apporte un éclairage nouveau sur l'occupation du Morvan à l'âge du Bronze. La présence de communautés humaines est attestée aussi bien dans le Morvan collinéen que dans le haut Morvan, dès le Bronze ancien, période pour laquelle aucun vestige archéologique n'a été identifié à ce jour dans la zone étudiée (fig. 3.9 et A.33). Partout les indices d'agriculture et d'élevage alternent ou s'associent. La présence des micro-charbons se fait aussi plus importante et régulière, reflétant des pratiques de feu associées aux activités humaines, des pratiques qui ont dû jouer un rôle dans la formation et l'entretien des espaces agropastoraux. Les récents travaux d'archéologie préventive, dans différentes régions de France, ont montré l'importance de cette période de l'âge du Bronze dans l'organisation de l'espace rural (Carozza et Marcigny 2007). Mais les défrichements et les indices de feux sont donc certainement liés aux activités agropastorales, mais pas exclusivement. L'analyse géochimique a aussi apporté la preuve d'activités métallurgiques et probablement même minières dans le haut Morvan où l'exploitation ancienne, mais non datée, de filons polymétalliques est attestée (voir chap. 2.1.3). L'asynchronisme des épisodes entre les deux sites du haut Morvan, distants seulement de quelques kilomètres, donne à ces premières exploitations en Morvan un caractère proximal. **La collaboration entre archéologues, palynologues et géochimistes a permis de mettre au jour une métallurgie précoce totalement inédite dans le Morvan.** C'est une méthode qui s'avère particulièrement bien adaptée à l'identification de phases anciennes d'exploitations de petits filons de surfaces, souvent réinvestis par la suite, qui ne laissent pas de traces décelables en prospection. Ainsi, l'utilisation des archives naturelles par le biais d'analyses croisées paléoécologiques et géochimiques, a déjà permis d'identifier des phases d'activités minières et/ou métallurgiques de l'âge du Bronze dans le Jura suisse, dans les Pyrénées (Galop *et al.*

2001, Monna *et al.* 2004) au nord-ouest de la Péninsule ibérique (Martinez Cortizas *et al.* 1997) ou encore au Pays de Galles où elle a permis de préciser les rythmes d'exploitation de mines connues (Mighall *et al.* 2002a, et 2002b). Les phases de métallurgie les plus anciennes, dans le massif du Grand-Montarnu, ne sont pas corrélées à des défrichements de grande ampleur ; elles concernent probablement des exploitations de petite taille qui ont un faible impact sur l'environnement. Les études réalisées dans le Pays de Galles, dans un contexte privilégié, avec des mines fouillées et des tourbières à proximité, ont montré le faible impact sur le couvert forestier de l'exploitation de la mine de cuivre de Copa Hill (Mighall et Chambers 1993, Mighall *et al.* 2002b), alors que les études géochimiques ont montré le caractère très proximal des pollutions (dans le cas de cette étude des pollutions au cuivre) qui ne sont plus perceptibles au-delà d'un peu plus d'un kilomètre de distance par rapport à la mine (Mighall *et al.* 2002b). Dans le Massif armoricain aussi, la corrélation entre des jeux de données archéologiques et paléoenvironnementales particulièrement bien documentés montrent que le *« dynamisme de l'activité métallurgique entre 1500 et 1300 av. notre ère n'est pas corrélé avec une ouverture importante du milieu naturel »* (Marguerie 2009).

Il faut attendre le Bronze final pour assister à des défrichements de plus grande ampleur qui sont associés à la fois à des indices géochimiques d'activités minières et ou métallurgiques dans le haut Morvan, mais qui correspondent aussi à une tendance à l'amplification des marqueurs d'activités agro-pastorales (voir fig 3.9.). Cette étape décisive du Bronze final dans l'emprise agropastorale des sociétés humaines sur leur environnement est un phénomène déjà identifié par le biais des analyses polliniques dans d'autres zones de moyenne montagne, par exemple dans les Alpes (Tinner *et al.* 2003) et dans les Pyrénées (Galop 1998).

### L'âge du Fer (800-50 cal BC)

Le début du **premier âge du Fer** ou **Hallstatt** (800-400 cal BC) a été enregistré sur six séquences, trois dans le haut Morvan : Sources de l'Yonne, Port-des-Lamberts et Grand-Montarnu, et trois dans le Morvan des collines : Champ Gazon, Nataloup et Montbé (voir fig. 3.10.). Globalement, l'impact des activités humaines sur le couvert végétal est assez contrasté d'un site à l'autre. Alors qu'il est modéré et discontinu aux Sources de l'Yonne, où les activités agropastorales n'occasionnent pas de défrichement de grande ampleur, à Champ Gazon et au Port-des-

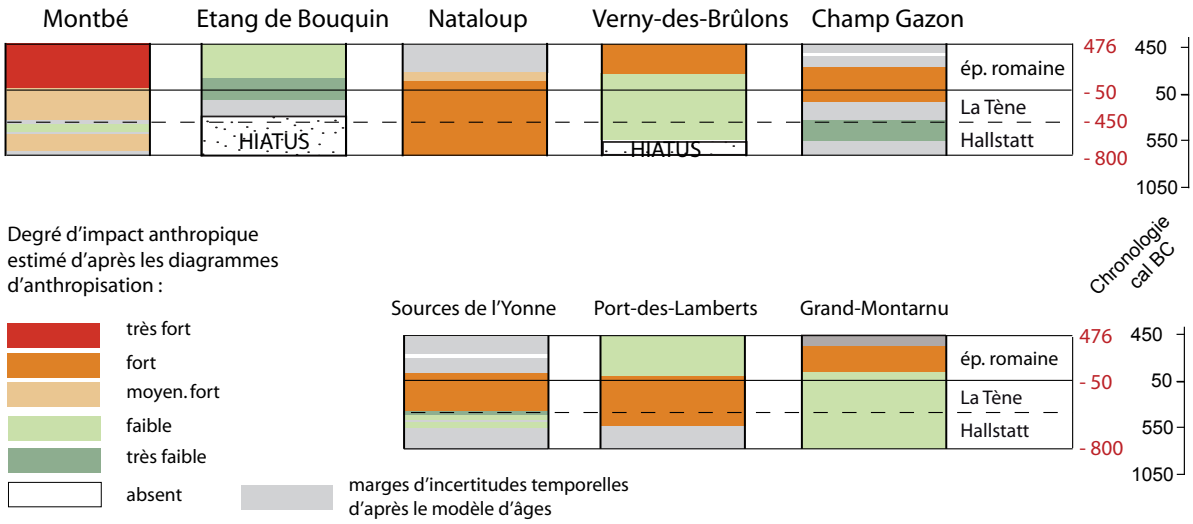



**Fig. 3.10.** Phases d'anthropisation du l'âge du Fer et de l'époque romaine : projection chronologique

Lamberts on note une nette déprise par rapport à la période précédente, déprise qui, même en tenant compte des marges d'incertitude temporelle, est clairement centrée sur cette période. Quant aux trois autres sites, ils montrent une tendance inverse. A Nataloup et à Montbé, dans le Morvan central, cette première moitié de l'âge du Fer est marquée par l'importance des indices d'agriculture, avec une intensité encore inégalée sur ces mêmes sites. La chute de la représentation du couvert forestier et la présence de micro-charbons accompagnent ces marqueurs, reflets de défrichements associés à des pratiques de feu. Les déforestations touchent le hêtre de façon exclusive et durable à Montbé ; le hêtre et le noisetier de façon ponctuelle, le chêne et l'aulne plus durablement à Nataloup. La culture des céréales de type blé orge et/ou avoine est quasiment continue sur les deux sites, et les taux sont plus importants à Nataloup où ils sont associés ponctuellement à une messicole, le bleuet (*Centaurea cyanus*), dont la faible dispersion pollinique atteste de la proximité des cultures par rapport à la tourbière (Brun 2007). A Montbé, la présence de grains de pollen *Cannabis*-type ne peut être retenue comme indice de la culture du chanvre (voir chap. 3.2.5.), mais les indices de cultures de céréales et les défrichements associés, bien que discontinus, prennent une ampleur nouvelle.

A la même période, au Grand-Montarnu dans le haut Morvan, des indices de déforestation sont aussi enregistrés. Ici, ils prennent plus la forme d'irrégularités dans les courbes des principaux taxons arboréens que celle d'une chute durable de la représentation de la forêt. Ils ne sont pas non plus corrélés à une augmentation des indices polliniques d'anthropisation ; les taux de

céréales et de plantes apophytes restent extrêmement modestes. En revanche, les analyses de géochimie isotopique y ont révélé une longue phase d'apports atmosphériques de micropolluants métalliques, une phase qui débute dès la fin de l'âge du Bronze récent et perdure tout au long de l'âge du Fer (fig. A.33.). Ces témoignages paléoenvironnementaux d'une activité minière et/ou métallurgique hallstattienne sont absents sur la séquence voisine du Port-des-Lamberts (voir fig. A.35.). Elle semble donc se restreindre à un secteur géographique localisé à proximité de la tourbière du Grand-Montarnu, aux plus hautes altitudes du massif (autour de 750 m.). Les indices géochimiques d'activités minières et/ou métallurgiques les plus précoces pour l'âge du Fer, comme pour l'âge du Bronze, sont situés au Grand-Montarnu, dans une zone où les formations à chapeau de fer affleurent. Ce sont des formations situées au-dessus de filons de cuivre, dont l'exploitation a probablement généré les pollutions atmosphériques métalliques captées par la tourbière au Bronze final dans le même secteur. Si tel est le cas, on assiste ici au prolongement entre la métallurgie du Bronze et celle du Fer dans cette zone où la disponibilité polymétallique est manifeste. Cette persistance a pu être remarquée par les archéologues sur d'autres sites en France, où, au premier âge du Fer, « *les premiers ateliers sidérurgiques se développent dans les ateliers de bronzier, ou à leur proximité immédiate* » (Buchsenschutz 2007). Toutefois, on ne peut pas non plus exclure que ce soit toujours les filons de cuivre qui sont exploités ici, voire même d'autres minerais.

Au début du **second âge du Fer**, période de **La Tène** (400-50 cal BC), l'impact des activités humaines sur l'environnement perdure, ou même s'intensifie, sur l'ensemble des six séquences. On observe la même tendance sur le septième enregistrement, qui vient s'ajouter avec la reprise de la turbification sur la tourbière du Verny-des-Brûlons, en bordure nord-orientale du massif (fig. 3.10.). Sur les trois séquences du haut Morvan, les défrichements prennent de l'ampleur. Les analyses géochimiques démontrent la part importante des activités minières et/ou métallurgiques dans l'exploitation des ressources forestières au Port-des-Lamberts et au Grand-Montarnu (Jouffroy-Bapicot 2004, Monna *et al.* 2004). Aux Sources de l'Yonne, situées à quelques centaines de mètres seulement de la tourbière du Port-des-Lamberts, on imagine aisément que l'activité métallurgique a aussi participé aux déforestations, même si ici l'information géochimique fait défaut. Toutefois, les témoignages d'activités agropastorales y sont plus marqués dès le début de la période, soit dès le IV$^{e}$ siècle avant notre ère. Dans le secteur du Morvan des collines,

les enregistrements montrent aussi une ouverture du milieu en augmentation, et une bonne représentation des indices de culture de céréales. En revanche, les indices de pastoralisme sont rares et cantonnés aux tout débuts de la période, à Montbé et Champ Gazon. Ce dernier site est le seul qui ne montre pas un impact durable tout au long du second âge du Fer. La temporalité exacte est difficile à déterminer car la sédimentation est ici de plus en plus compactée (voir chap. 2.2.3.). À la fin du I$^{er}$ siècle avant notre ère, avec l'apparition de défrichements de grande ampleur affectant fortement la hêtraie autour de Champ Gazon, c'est alors l'intégralité des séquences qui présente un fort taux d'impact anthropique, du nord au sud du massif (fig. 3.10. et A.33.), et les défrichements occasionnés prennent une ampleur nouvelle (voir fig. A.27. à A.29.). Celle-ci est particulièrement perceptible au niveau de la grande zone humide des Sources de l'Yonne (tourbière éponyme et celle du Port-des-Lamberts). Sa proximité avec l'*oppidum* de Bibracte, situé sur le Mont-Beuvray, laisse à penser que les forêts environnantes ont été exploitées, au moins en partie, pour répondre aux besoins des populations de la grande cité éduenne durant les deux derniers siècles de notre ère, avec un ensemble d'activités consommatrices de bois, qui vont du bois de chauffe destiné à l'artisanat, très développé sur l'*oppidum* (voir chap. 1.1.3.), au bois d'œuvre pour la construction. Par exemple, les travaux de reconstruction d'une partie du *murus gallicus* à la Porte du Rebout, ont permis de procéder à une évaluation des quantités de matériaux nécessaires à la construction des 5 km d'enceinte : entre 10000 et 20000 stères de bois, correspondant à une surface d'environ 135 ha - estimations que l'on trouve au musée et qui sont rapportées par Fichtl (2005). Même si c'est une surface somme toute assez modeste au vu de l'ampleur des fortifications, et si l'édification s'est probablement échelonnée dans le temps, les forêts de cette partie méridionale du haut Morvan en ont forcément été affectées. De plus, à la toute fin de l'âge du Fer et durant l'époque augustéenne, entre environ 60 et 20 av. notre ère, une agglomération dont l'emprise spatiale est estimée à une centaine d'hectares, va s'implanter à proximité immédiate de la vaste zone humide des sources de l'Yonne. Cette installation ne se traduit pas par un pic particulièrement important dans l'impact anthropique sur le couvert végétal (peut-être aussi la maille d'analyse n'a-t-elle permis de saisir précisément cet événement ?), mais sur les deux tourbières analysées, elle a induit un assèchement qui a ralenti considérablement le rythme de l'accumulation tourbeuse (voir chap. 2.1.1. et 2.1.2.).

En toute logique par rapport à l'importance de l'*oppidum* de Bibracte, les analyses polliniques montrent que le second âge du Fer est une phase majeure dans l'occupation du Morvan. Toutefois, les échelles spatiales et temporelles auxquelles se place cette phase sont plus larges que ne le laissaient penser les données archéologiques et historiques. D'un point de vue chronologique, tout d'abord, si le premier âge du Fer et la première moitié du second âge du Fer sont extrêmement mal documentés par l'archéologie (voir chap. 1.1.3.), les données paléoenvironnementales montrent une présence humaine partout sur le massif entre 800 et 200 cal BC. Et déjà dans le haut Morvan, sur le massif du Grand-Montarnu, les activités paléométallurgiques sont avérées, apportant des éléments de confirmation à l'hypothèse émise par les archéologues (Guillaumet 2001) à propos de **l'importance de l'exploitation des ressources minières du Morvan dans l'occupation de Bibracte et la prospérité des Eduens** aux deux derniers siècles de notre ère. Les résultats obtenus grâce à l'étude des archives naturelles ont ainsi motivé de nouvelles investigations archéologiques, comme la fouille d'une minière située sur l'*oppidum* de Bibracte, à l'intérieur du périmètre délimité par les deux enceintes. La datation de son exploitation n'a pas encore été permise par les travaux de terrain, mais on sait d'ors et déjà, qu'elle est au moins antérieure au Ier siècle avant notre ère, période à laquelle les artisans métallurgistes de ce quartier, situé à proximité de la porte du Rebout, l'utilisent comme fosse-dépotoir (Cauuet et Tamas 2008). Du point de vue spatial, l'exploitation des archives naturelles a aussi montré que l'occupation humaine concerne les deux zones du massif principalement étudiées : non seulement le haut Morvan montagnard, mais aussi le Morvan des collines dans son ensemble. Dans ce second secteur, on remarquera tout particulièrement la présence d'un site d'habitat pérenne à Nataloup, tout au long de l'âge du Fer, totalement inédit jusqu'alors. En revanche, les analyses géochimiques n'ont pas à ce jour mis en évidence d'activités minières et/ou métallurgiques pour la partie nord du Morvan. Toutefois, le hiatus qui affecte la séquence étudiée (voir chap. 2.2.6.), et la valeur proximale du signal capté (voir dessus), ne permettent pas de conclure à l'absence d'activités métallurgiques dans le Morvan des collines.

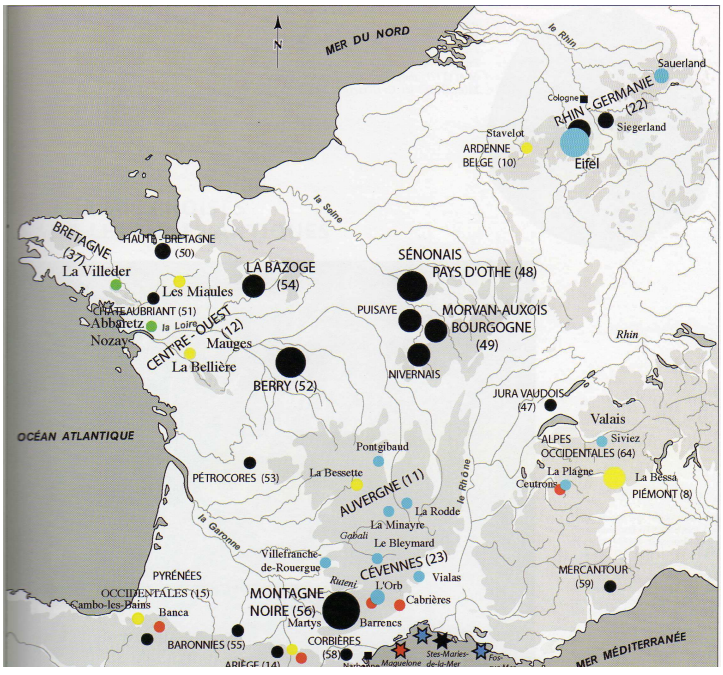
#### 3.3.2.4 L'époque romaine (50 cal BC-476 cal AD) modification des dynamiques d'occupation du Morvan.

Si la transition entre la fin de la période gauloise et le début de l'époque romaine est caractérisée par un impact fort et généralisé à l'ensemble des séquences, le début de la période gallo-romaine offre à nouveau une image plus contrastée (fig. 3.10. et A.33.). Globalement, on observe un basculement : les sites les plus anthropisés durant le second âge du Fer enregistrent une baisse des activités agropastorales à l'époque romaine (Port-des-Lamberts, Nataloup), voire une réelle déprise (Sources de l'Yonne), alors que ceux qui l'étaient peu connaissent une augmentation plus ou moins rapide de l'impact des activités humaines. Le phénomène concerne principalement le haut Empire (I^er^ et II^e^ siècles de notre ère) à Champ Gazon et au Grand-Montarnu, alors qu'il dure pendant au moins 4 siècles à Montbé, qui est le site où les indices agro-pastoraux sont les plus importants, et au Verny-des Brûlons où l'impact s'intensifie au bas Empire. Les indices agro-pastoraux restent comparables à ceux enregistrés précédemment, avec des taux de céréales de type blé, orge et /ou avoine toujours relativement modestes. Les cultures de seigle et dans une moindre mesure de chanvre commencent à apparaître sur une majorité de sites au bas-Empire, même si ce n'est qu'à partir du haut Moyen Âge que ces cultures connaissent une réelle expansion (voir ci-dessus chap. 3.2.5). Certaines tourbières, et/ou leur environnement proche, ont aussi probablement connu une fréquentation pastorale, comme Montbé ou Champ Gazon.

Mais ce qui est le plus frappant pour l'ensemble de l'époque gallo-romaine, c'est l'impact des défrichements qui affectèrent la forêt du Morvan (voir fig. A.23. à A.25. et A.27. à A.32.). L'ensemble des sites étudiés est concerné, même ceux qui n'ont pas enregistré de témoignage pollinique d'activités agropastorales, comme la tourbière de Nataloup. On peut raisonnablement considérer que l'une des principales ressources du Morvan gallo-romain, préférentiellement exploitée à l'époque romaine, fût la ressource forestière ; les déforestations perçues à travers les enregistrements polliniques touchent principalement le hêtre. Les vestiges archéologiques témoignent d'une activité sidérurgique un peu partout dans le Morvan (voir chap. 1.1.3. et carte 3.1.), et il est probable que cette essence, plutôt bois de chauffe que bois d'œuvre, a été souvent destinée à cet artisanat. Les études dendrochronologiques récentes de deux lots de bois de chêne issus de la fontaine Saint-Pierre et de la fontaine de l'Ecluse à Bibracte (Durost *et al.* 2009, Durost et Lambert 2007) montrent de même une évolution des stratégies d'approvisionnement en bois d'œuvre de la fin de l'âge du Fer à l'Antiquité romaine. A la Tène finale (II^e^ et I^er^ siècles avant notre ère) les défrichements visent des arbres issus de milieux forestiers ouverts, très proba-

blement anthropisés, alors qu'à l'époque augustéenne (première moitié du Ier siècle ap. J.-C.) les bois proviennent d'arbres qui ont poussé dans un environnement beaucoup plus fermé. Il semble que l'on assiste alors à une modification des stratégies d'approvisionnement qui visent des ressources encore inexploitées auparavant. Ces études dendrologiques et dendrochronologiques concernant le chêne représentent alors une source d'informations paléoécologiques complémentaires précieuses par rapport aux données polliniques qui sont plutôt sensibles aux variations du hêtre. Les dynamiques du chêne sont assez difficiles à saisir sur les diagrammes surtout parce que, dans le contexte morvandiau, elles sont en partie conditionnées par celles du hêtre. Mais les deux approches combinées font ressortir avec acuité le phénomène **d'extension des surfaces forestières exploitées à l'époque gallo-romaine dans le Morvan**.

Nous avons évoqué ci-dessus la part des activités métallurgiques dans les déforestations, toutefois les analyses géochimiques réalisées dans les trois tourbières morvandelles n'ont pas capté, de façon tangible, des apports de pollutions atmosphériques pour la période gallo-romaine (voir fig. A.35). L'éloignement des activités par rapport à nos trois points de forages en est peut-être une des causes : on a pu remarquer que les paléopollutions enregistrées à l'âge du Bronze et à l'âge du Fer avaient un caractère extrêmement local. On peut aussi se poser la question d'une métallurgie qui n'émettrait pas les mêmes types de micropolluants atmosphériques que celles des siècles précédents, et notamment moins de microparticules de plomb. Dans le Morvan gallo-romain on aurait alors plutôt à faire à une métallurgie de transformation, qu'une métallurgie extractive qui touche des gisements polymétalliques ? Dans le centre et dans le quart nord-est de la France, les




**Carte 3.1** Carte des mines exploitées en Gaule romaine (d'après Domergue 2008)

- Fer
- Cuivre
- Plomb
- Or
- Etain

mines reconnues comme ayant été exploitées à l'époque romaine sont presque exclusivement des mines de fer (carte 3.1). L'organisation administrative et économique de Rome a favorisé de grands centres producteurs qui avaient à charge de couvrir les besoins de l'Empire, pour la métallurgie comme pour d'autres types de productions (sel, vin…). A l'échelle de l'Empire, ces grands centres producteurs se situaient en Grande-Bretagne, Italie, Balkans et surtout en Espagne, avec les mines de cuivre du Rio Tinto, de la région de Carthagène, ou encore les mines d'or de Las Medulas. En Gaule, certains des grands centres sidérurgiques reconnus se situaient sur le territoire actuel de la Bourgogne (Domergue 2008) : Puisaye, Nivernais, Mâconnais (Boukezzoula 2001) et, le plus proche du haut Morvan, le district minier et sidérurgique du Morvan-Auxois (Mangin et Keesmann 1992). Les petits gisements de l'espace intra-morvandiaux auraient alors été éclipsés par la production d'autres centres miniers et sidérurgiques répartis sur le territoire éduen, dont l'administration pouvait peut-être alors directement dépendre de la Cité éduenne (Mangin 2001). Les investigations archéologiques ont montré que l'artisanat métallurgique, particulièrement développé à Bibracte à la fin de l'Âge du Fer, tient maintenant une place importante dans la nouvelle cité des Eduens, *Augustodunum* (Chardron-Picault et Pernot 1999). A proximité d'Autun, des prospections ont aussi récemment mis au jour les vestiges d'exploitations minières antiques par la force hydraulique, probablement de l'étain, mais encore non datées précisément (Tamas et Cauuet 2004).

Toutefois, l'absence de trace de paléopollution pour cette période pose un autre problème, qui est celui d'une faible perception régionale d'une pollution qui est par ailleurs enregistrée à l'échelle de l'hémisphère nord, une pollution identifiée jusque dans les carottes de glace du Groenland. Il s'agit principalement d'une pollution au plomb révélée à la fois par l'étude des concentrations, mais aussi celle des rapports isotopiques (Boutron *et al.* 2004, Hong *et al.* 1994, Rosman *et al.* 1997). Trois pics de pollution ont ainsi pu être individualisés pour les périodes préindustrielles : le premier correspond à l'Antiquité gréco-romaine (250 cal BC - 250 cal AD environ), le second au Moyen Âge et le troisième à la Renaissance. La signature isotopique des micropolluants captés par les neiges et glaces du Groenland correspondant au pic antique indiquent qu'ils proviennent des exploitations minières du Rio Tinto dans le sud de l'Espagne (Renberg *et al.* 2001). Enfin, dès le V$^{e}$ siècle avant notre ère, à cette pollution au plomb viennent s'ajouter des pollutions au cuivre (Hong *et al.* 1996). Les retombées de ces grandes phases de

pollution atmosphérique enregistrée au pôle nord ont aussi été retrouvées dans des sédiments lacustres ou des tourbières en Europe, particulièrement en Suède et en Suisse (Brännvall *et al.* 1997, Shotyk 2002), avec une fréquence qui a amené (Renberg *et al.* 2001) à proposer d'utiliser ce signal comme repère chronologique. La situation semble différente avec les tourbières du haut Morvan montagnard qui ont plutôt enregistré un net déclin dans l'apport de polluants atmosphériques métalliques à partir de l'époque romaine (soit à partir du changement d'ère). De plus, pour la fin de l'âge du Fer, la signature isotopique du pic de pollution au Port-des-Lamberts l'individualise clairement des émissions des mines du Rio Tinto en Espagne (Monna *et al.* 2004), indiquant la provenance locale des activités à la source des pollutions. Toutefois, pour conclure clairement à l'absence significative d'apport de micropolluants atmosphériques dans le Morvan à l'époque romaine, on rencontre une limite qui est celle de la faible résolution temporelle des deux séquences analysées (Port-des-Lambert, chap. 2.1.1. et Grand-Montarnu, chap. 2.1.3.). Mais, dans le même sens, une série d'analyses récentes montre exactement la même tendance, avec un pic dans les apports atmosphériques pour les deux derniers siècles avant notre ère (presque toujours en relation avec des évidences archéologiques d'exploitations minières locales), et un très net déclin de ces apports, situé autour du changement d'ère. Il s'agit de deux tourbières dans les Vosges (Forel 2009), une située dans le Tyrol (Breitenlechner *et al.* in press), une au Mont-Lozère dans les Cévennes (Baron *et al.* 2005, Jouffroy-Bapicot *et al.* 2007 , Lavoie *et al.* 2006) et enfin, une carotte analysée à une soixantaine de kilomètres à l'ouest du Morvan dans la forêt de Prémery sur le plateau Nivernais (analyses géochimiques B. Forel et F. Monna (Forel 2009) et analyse pollinique de l'auteur, inédit). Les exceptions que représentent ces sites, qui ont en commun d'être des petites tourbières, situées dans des zones très forestières, avec un antécédent minier avéré pour la fin de l'âge du Fer, commencent à être suffisamment nombreuses pour se poser la question de la perception du signal global antique de Renberg *et al.* (2001) dans ces contextes précis. Et les pistes de réponses à cette question ne pourront être trouvées qu'en étroite collaboration avec les scientifiques spécialistes des analyses géochimiques. Avons-nous à faire à une pollution globale « noyée » dans un bruit de fond trop important, généré par la prédominance du signal local - puis peut-être en partie régional (Bourgogne-Nivernais ?) - sur le signal global ? On peut aussi envisager, qu'à l'instar de la pluie pollinique, ces petits systèmes tourbeux

captent un signal très local, alors que les grandes étendues plus ouvertes (systéme lacustres ou tourbeux et glaces du Groenland) capteront plus facilement un signal, régional et/ou global ?

Comme il a été souligné en première partie de ce volume (chap. 1.1.3.) l'intégration du territoire éduen dans l'Empire romain n'a pas manqué d'occasionner des bouleversements dans son organisation administrative, commerciale, artisanale, avec notamment la fondation de la cité augustéenne d'*Augustodunum* (Autun). Les analyses polliniques ont aussi enregistré une modification dans les dynamiques d'occupation et d'exploitation des ressources du massif du Morvan, sans que l'on puisse qualifier ce changement d'emprise ou de déprise ; il évoque plutôt une réorganisation (fig. 3.10. et A.33.). Ainsi, les indices d'une exploitation agropastorales dans le haut Morvan diminuent considérablement, mais les défrichements se poursuivent, voire s'intensifient. Par ailleurs, le Mont-Beuvray, comme les sources de l'Yonne, connaissent toujours une fréquentation humaine ne serait-ce que pour des motifs religieux (voir chap. 1.1.3. et 2.1.2.), une présence humaine qui n'a pas, ou très peu, d'impact sur l'environnement et qui ne peut donc être perçue par le biais des analyses polliniques. Dans le Morvan des collines, la situation est plus hétérogène, mais alors que les données archéologiques pour cette région sont indigentes, les indices polliniques montrent la présence d'activités agropastorales à proximité de chacun des sites analysés, occasionnant parfois un impact fort sur l'environnement ; ainsi, les impacts perçus à Montbé évoquent sans ambiguïté la proximité d'un habitat rural pérenne, du I$^{er}$ au IV$^{e}$ siècle de notre ère. Toutefois, pour mieux comprendre ces dynamiques, il nous manque l'information issue de séquences situées dans les zones pour lesquelles les données archéologiques et historiques sont les plus complètes, principalement la cuvette d'Arleuf (agglomérations des Bardiaux et d'Arbonne, et l'Autunois (avec l'environnement d'Autun) (voir chap. 1.1.3.). Malgré toutes ces limites énoncées, le modèle proposé au début des années 80 par L. Olivier, d'une occupation gallo-romaine du Morvan qui serait seulement débitrice de la prospérité d'Autun, et d'un espace mis en valeur au rythme du développement de la nouvelle cité éduenne (Olivier 1983), est mis à mal par les résultats paléoenvironnementaux. Le croisement de ce nouveau jeu de données avec les résultats des prospections et fouilles, engagées dans le cadre du programme Environnement du Mont-Beuvray, est maintenant la prochaine étape à réaliser pour aller plus loin dans la compréhension des dynamiques d'occupation.

L'image donnée par les analyses polliniques pour la **fin de l'Antiquité (IIIe –Ve siècle)**, est encore relativement contrastée, sans qu'il soit possible de dégager de grandes tendances générales sur l'ensemble du massif ou à l'échelle des microrégions du haut Morvan et du Morvan des collines. En l'absence d'un corpus archéologique suffisant, il est donc difficile de les relier à une dynamique d'occupation significative à l'échelle du massif. L'analyse des données historiques et archéologiques de la cité d'Autun et sa région proche évoque plus un regroupement de la population qu'une diminution des surfaces exploitées (Kasprzyk 2005). Au nord du Morvan, cette période est aussi considérée comme une phase de rupture, plutôt caractérisée par des abandons (Nouvel 2004). Si un déclin net de l'occupation des campagnes est observé dans l'Ouest de la France, à partir du IIIe siècle (Marguerie 2009), à partir des données polliniques et archéologiques, dans le Bassin parisien et le quart nord-est de la France on assisterait plus à une réorganisation qu'à une désertion des campagnes, où seules les moins bonnes terres seraient momentanément abandonnées (Ouzoulias *et al.* 2001).

### 3.3.2.5. Le Moyen Âge (Ve-XVe siècle de notre ère)

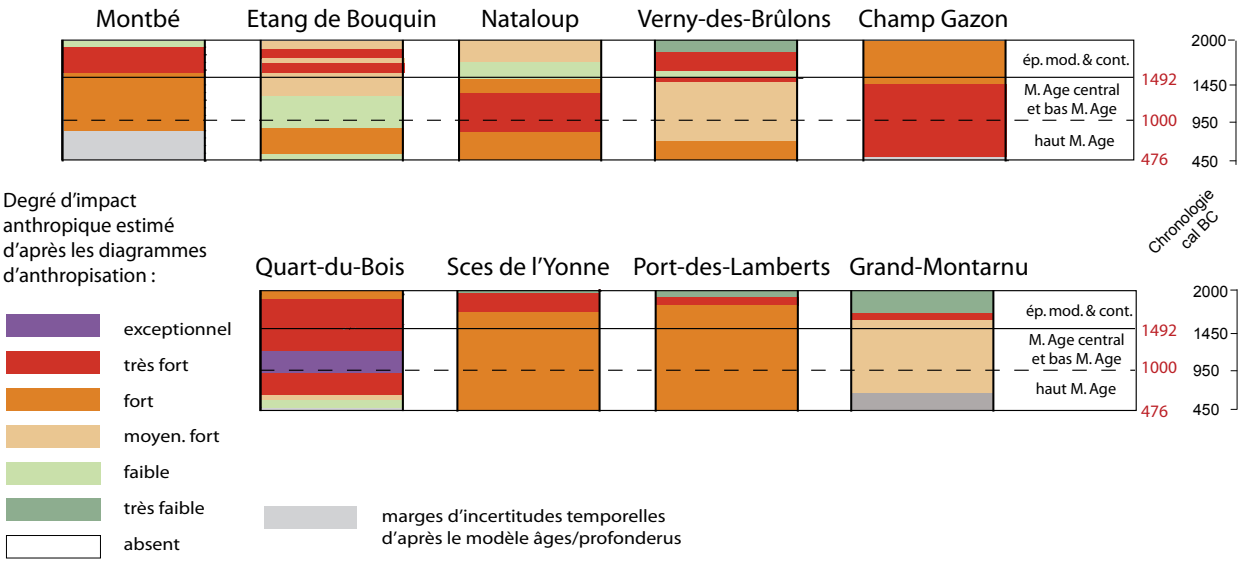



**Fig. 3.11.** Phases d'anthropisation du Moyen Âge à nos jours : projection chronologique

**Le haut Moyen Âge (ou premier Moyen Âge du V^e^ au X^e^ siècle) :**

A partir du début du Moyen Âge, l'information paléoécologique concerne l'intégralité des carottes issues des tourbières du Morvan (fig. 3.11.). Toutefois, la séquence du Vernay ne peut être prise en compte pour la synthèse, car la reprise de la sédimentation n'est pas datée et les

assemblages polliniques ne sont pas suffisamment caractéristiques pour obtenir une précision chronologique satisfaisante.

Presque partout, cette époque est caractérisée par un impact important des activités humaines sur le couvert végétal. La seule exception vient du site de Montbé, qui présentait les signes d'une emprise agropastorale les plus forts durant toute l'époque romaine (voir fig. 3.10. et fig. A.34.), une emprise suivie par une franche déprise, clairement centrée sur le haut Moyen Âge (fig. A.27.). Ici, l'hypothèse d'un établissement rural gallo-romain situé à proximité de la tourbière et qui n'a pas perduré au-delà de l'Antiquité tardive, peut être émise. Sur l'ensemble des sites du Morvan des collines l'impact anthropique est, soit dans le prolongement de celui enregistré à l'époque romaine comme au Verny-des-Brûlons et à l'étang de Bouquin (fig. A.32 et A.31) où il s'intensifie encore, soit il constitue une emprise nouvelle comme à Nataloup et à Champ Gazon (fig. A.30 et A.29). Au sud du Morvan la dynamique est identique, même si elle est plus tardive au Grand-Montarnu (fig. A.25), où les V$^{e}$ et VI$^{e}$ siècles correspondent plutôt à une raréfaction des IPA et à une nouvelle expansion de la hêtraie-chênaie du haut Morvan. Localement, la dynamique la plus marquée est celle de l'aulnaie qui envahit à nouveau la zone humide, un phénomène qui résulte peut-être de la baisse de la pression anthropique.

Sur beaucoup de sites, l'ampleur et la variété des marqueurs indiquent une certaine proximité entre les tourbières et les espaces exploités ; l'augmentation de la pression agropastorale s'accompagne du témoignage désormais continu des cultures du seigle et du chanvre dont la généralisation sur l'ensemble du massif se fait de façon simultanée (voir chap. 3.2.5. et fig. 3.6.). Dans le Morvan, c'est aussi au début du Moyen Âge que le châtaignier, apparu de façon sporadique sur quelques sites à l'époque romaine, commence à être plus présent (chap. 3.2.5. et fig. 3.5.). Toutefois, il n'y a qu'à Poil, en situation de piémont méridional, qu'une courbe continue est enregistrée avec les valeurs légèrement supérieures à 1%.

Dans la partie la plus haute du Morvan, au Grand-Montarnu, à partir de la fin du VII$^{e}$ siècle ou du début du VIII$^{e}$ siècle (en tenant compte de la marge d'incertitude temporelle), des indices géochimiques d'activités minières et/ou métallurgiques sont à nouveau enregistrés (fig. A.25.). Ils représentent la première phase clairement indentifiable d'apports de pollutions atmosphériques métalliques depuis la fin de l'âge du Fer. La hêtraie-chênaie est alors largement et durablement exploitée localement, certainement en grande partie pour l'activité métallurgique. En effet,

alors que les paléopollutions perdurent jusqu'à la fin du Moyen Âge, les indices de la présence de bétail sont complètement absents et les témoignages d'agriculture restent extrêmement ténus, même si leur diversité est la même que sur l'ensemble du massif : céréales type blé, orge et/ou avoine, seigle et chanvre. A partir d'une période peut-être située dès la fin du X$^{e}$ siècle et avec plus de certitude dès le XI$^{e}$ siècle, les analyses géochimiques révèlent aussi la présence d'activités métallurgiques polluantes à proximité de la tourbière du Port-des-Lamberts (fig. A.23.).

Pour le haut Moyen Âge, le synchronisme entre les séquences, que ce soit dans l'intensité de l'impact perçu comme dans le développement de nouvelles cultures, permet d'envisager un phénomène à l'échelle du Morvan (fig. 3.11. et fig. A.34.), un passage de l'échelle locale à l'échelle régionale que l'on n'a finalement rarement pu se permettre aux époques précédentes. Le prolongement du travail de collaboration avec les archéologues déjà évoqué pour le second âge du Fer et l'époque romaine, accompagné d'une meilleure connaissance du mobilier céramique alto-médiéval, est en train de profondément renouveler notre perception de l'occupation du massif durant cette période. Et, peu à peu, les données paléoenvironnementales et archéologiques s'accordent à faire des périodes burgonde et mérovingienne (V$^{e}$-VII$^{e}$ siècles de notre ère), non pas une période de déprise, mais plutôt une nouvelle étape dans l'exploitation agropastorale du massif du Morvan, à l'exception peut-être de la haute montagne morvandelle qui connaîtra une exploitation un peu plus tardive, essentiellement tournée vers la métallurgie. C'est une situation qui caractérise d'autres zones de moyenne montagne, par exemple dans les parties périphériques du Massif central : sur le plateau de Millevaches, à partir du V$^{e}$ siècle, Y. Miras (2004) observe la mise en place d'une « économie agro-pastorale totalement mixte » ; plus au sud, dans les Cévennes, le haut Moyen Âge est considéré par M. Pulido Avila (2006) comme « une étape décisive » dans le développement des activités agro-pastorales et dans leur impact durable sur le couvert forestier du sud du Massif central. Dans les Pyrénées, le démarrage est un peu plus tardif à la transition entre le VII$^{e}$ et le VIII$^{e}$ siècle (Galop 1998), mais il est également en liaison avec un nouvel essor de la métallurgie (Galop *et al.* 2001, Monna *et al.* 2004). Dans le Jura, la situation est plus contrastée, une déprise agro-pastorale qui débute souvent dès le bas Empire affecte une grande partie des enregistrements paléoenvironnementaux en plaine comme sur les plateaux, avant une reprise située autour de VI$^{e}$-VII$^{e}$ siècles. Et, même lorsque que les activités agricoles perdurent, « *la recolonisation forestière est effective* » partout (Gauthier 2004, Gauthier et Richard

2007, Gauthier et Richard 2008). L'arc jurassien, de part sa situation géographique, a probablement été plus affecté par les flux migratoires en provenance des régions germaniques. Quoiqu'il en soit, la multiplication des synthèses paléoenvironnementales régionales nuance largement la vision traditionnellement négative des débuts du Moyen Âge (principalement du V^e^ au VIII^e^ siècles), une période « d'âges sombres », qui est encore véhiculée par l'ensemble des ouvrages qui retracent l'histoire du Morvan. Ces zones de moyenne montagne semblent avoir été moins touchées que les zones de plaine ou de vallée, car elles représentaient des espaces ruraux situés à l'écart des grandes voies migratoires. Il ne semble pas non plus que les sommets réputés frais et humides du Morvan aient été particulièrement répulsifs, bien que cette période corresponde à des conditions climatiques plus froides et humides (Holzhauser *et al.* 2005, Magny 2004) (voir fig.3.1.). Peut-être que, comme D. Marguerie (2009) le fait remarquer pour l'Ouest de la France, l'influence climatique océanique à laquelle est soumis le massif du Morvan tempère les effets du refroidissement, des effets plus sensibles en contexte plus continental et plus montagneux, comme celui qui caractérise le Jura et les Alpes (proximité des glaciers).

**Le second Moyen Âge (Moyen Âge Central et Bas Moyen Âge, du XI^e^ au XV^e^ siècle) :**

La transition entre la fin du Moyen Âge, autour de l'an Mil, et le Moyen Âge central (XI^e^ au XII^e^ siècle) est marquée par la continuité dans les impacts des activités agropastorales que l'on perçoit sur le couvert végétal, du nord au sud du Morvan (fig. 3.11.). On note toutefois une tendance à l'intensification des défrichements. En zone de piémont sud, tout d'abord, le fort impact agro-pastoral enregistré depuis le début du IX^e^ siècle à Poil perdure, probablement en relation avec l'occupation de la maison forte de Montantaume (voir chap. 2.1.4. et fig. A.26.). Cependant, après une apogée atteinte autour du XI^e^ siècle, les indices de proximité des cultures vont se raréfier et tendre à disparaître ; et, parallèlement, l'augmentation forte et durable de la courbe du châtaignier atteste l'importance que va prendre localement la culture de cette essence à partir du XII^e^ siècle (voir chap. 3.2.5.). Toutefois, les indices polliniques et non polliniques d'activités agropastorales restent bien présents, montrant la persistance d'une exploitation de la zone du Quart-du-Bois, alors que le couvert forestier conserve, de façon remarquablement stable, une faible représentation. Plus haut dans la montagne morvandelle, autour des tourbières du Port-des-Lamberts, des Sources de l'Yonne et du Grand-Montarnu (fig. A.23., A.24. et A.25.), la

hêtraie-chênaie continue à être soumise à des défrichements, mais le degré d'ouverture du milieu est sans commune mesure avec celui enregistré à Poil. Les trois sites enregistrent aussi un même événement : l'augmentation brutale des taux de bouleau qui intervient de façon très synchronisée autour du milieu du X$^{e}$ siècle et qui va atteindre un maximum entre les XI$^{e}$ et XII$^{e}$ siècles pour ensuite décliner progressivement du XIII$^{e}$ au XIV$^{e}$ siècle. On a déjà évoqué la contemporanéité de cet événement avec le Petit Optimum Médiéval (chap. 3.2.4.), mais l'augmentation de pollen de cette essence pionnière est aussi corrélée à l'enregistrement d'un impact agropastoral assez important à proximité des tourbières avec une baisse de la hêtraie. On peut alors envisager que l'anthropisation du couvert végétal, dans un contexte climatique plutôt chaud et sec, ait favorisé le développement du bouleau à proximité des tourbières analysées.

Dans le Morvan des collines aussi, les premiers siècles du second Moyen Âge sont marqués par la poursuite des défrichements initiés au cours des périodes mérovingiennes et carolingiennes. La tourbière de Nataloup est ici celle qui a enregistré l'emprise agro-pastorale la plus importante, combinant mixité et proximité des signaux (fig. A.30.). Les différents marqueurs évoquent alors la proximité d'un site et plus exactement celle de terres exploitées pour l'agriculture et l'élevage, autour des XII$^{e}$-XIII$^{e}$ siècles : cultures de chanvre et de céréales, présences de messicoles, rudérales, champignons coprophiles, nombreux micro-charbons et forte ouverture du milieu. La zone tourbeuse, située en rive gauche de la Cure est proche de vestiges d'occupation du Moyen Âge comme le moulin de Nataloup et le château féodal du Meurot. Un autre château existait aussi probablement déjà à proximité du hameau actuel de Nataloup (www.montsauche-les-settons.org/ consulté en juin 2009). Les tourbières du Verny-des-Brûlons, de Champ Gazon, de Montbé (fig. A.32, 29 et 27) et, probablement aussi au moins en partie celle du Vernay (fig. A.28), n'ont pas enregistré la présence de marqueurs de pastoralisme pour cette période, mais les déforestations y sont corrélées à des indices polliniques d'augmentation et de diversification des activités agricoles. Le seigle peut prendre localement une place importante comme au Verny-des-Brûlons La tourbière de l'étang de Bouquin (fig. A.31) montre la permanence d'une fréquentation pastorale dans un milieu ouvert et stable, mais les indices d'agriculture bien que variés conservent des proportions un peu plus modestes que sur les autres séquences.

Les apports de paléopollutions métalliques atmosphériques enregistrés à partir de la fin du haut Moyen Âge dans le haut Morvan (VII$^{e}$-VIII$^{e}$ siècles au Grand Montarnu et X$^{e}$-XI$^{e}$ siècles au

Port-des-Lamberts) vont perdurer tout au long du second Moyen Âge, les activités minière et/ou métallurgiques associées participant probablement à la baisse de représentation pollinique de la hêtraie du haut Morvan. En revanche, dans le Morvan des collines, ce n'est qu'à partir de la fin du XIII$^{e}$ siècle que des paléopollutions sont enregistrées au Verny-des-Brûlons (fig. A.32.). Une pollution à l'échelle du massif est peut-être à envisager à partir de cette époque, car paradoxalement, au Verny-des-Brûlons, l'apport de micropolluants est contemporain d'une augmentation des courbes polliniques des principaux taxons arboréens. Il n'y a donc pas eu de déforestation à proximité de la tourbière, mais à l'inverse, plutôt une phase d'augmentation locale du couvert forestier. Par ailleurs, la chute importante de la représentation du couvert forestier, enregistrée dans d'autres parties du massif sur des sites qui n'ont pas bénéficié d'analyses géochimiques (comme Nataloup par exemple), pourrait aussi être en partie attribuée aux activités minières et métallurgiques comme à d'autres activités paléoindustrielles et artisanales. Au XI$^{e}$ et encore plus au XII$^{e}$ siècle, la France médiévale connaît un essor économique qui accroit considérablement les échanges et donc les besoins en monnaie, alors principalement en argent. C'est donc une époque où les recherches minières et les exploitations ont connu un regain d'activité important, comme par exemple dans les Cévennes au Mont Lozère (Lavoie *et al.* 2006). Dans le Morvan, la perception d'une pollution plus régionale à cette époque est peut-être due à la fois à l'augmentation quantitative de la production locale, mais aussi à l'ouverture plus importante du milieu qui favorise les apports atmosphériques plus lointains que durant la Protohistoire (voir ci-dessus chap. 3.3.2.3.), ou le début du Moyen Âge, alors que le couvert forestier est encore plus dense.

A la fin du Moyen Âge, après la phase d'ouverture enregistrée sur l'ensemble des sites, la représentation de la hêtraie-chênaie augmente à nouveau (la seule exception est l'enregistrement de la tourbière de l'étang de Bouquin à Dun-les-Places, où les taux de chêne et de hêtre restent remarquablement stables jusqu'au moins au XV$^{e}$ siècle). Pour dater précisément ce renversement de tendance, sensible à l'échelle du massif, la difficulté vient d'une compaction plus importante des sédiments pour les périodes les plus récentes sur certains sites (c'est le cas particulièrement à Champ Gazon, Montbé et au Grand Montarnu), à laquelle s'ajoute la marge d'incertitude inhérente aux datations radiocarbone. Malgré ces limites, le début du processus peut être situé au cours du XIV$^{e}$ siècle et plus certainement au XV$^{e}$. Cette perception d'un couvert forestier plus dense pourrait être le résultat d'une baisse des surfaces utilisées à des fins agricoles et d'une

baisse démographique liée aux troubles qui affectèrent profondément la France au XIVe siècle : épidémies de peste et Guerre de Cent Ans (voir chap. 1.1.3.). Des effets qui ont pu être observés dans d'autres régions par le biais de l'analyse pollinique, et qui ont été remarquablement mis en évidence dans le Jura (Gauthier 2004, Gauthier et Richard 2007, Gauthier et Richard 2008). Mais, paradoxalement, sur les séquences du Morvan, on note une augmentation des indices d'agricultures au même moment. D'autres hypothèses peuvent alors être émises, comme celle d'une gestion différente des ressources forestières, cette période du XIVe siècle correspondant à la mise en place par le pouvoir ducal d'une administration destinée à gérer les ressources forestières : la Gruerie, et qui sera reprise par l'administration royale avec le rattachement au royaume de France à la fin du XVe siècle (voir chap. 1.1.3. et Beck 2008).

Comme nous avons pu le remarquer dans la première partie de ce travail, les publications sur l'époque médiévale en Morvan sont extrêmement rares (voir chap. 1.1.3.). A travers les analyses paléoenvironnementales on devine une formation des terroirs agricoles qui intervient très tôt dans le Moyen Âge, aux époques mérovingiennes et/ou carolingiennes selon les sites. L'emprise du Moyen Âge central et du bas Moyen Âge se place alors dans le prolongement, dans la même dynamique d'entretien et parfois d'extension des territoires agricoles (voir fig. 3.11. et fig. A.33.). Une observation qui vaut aussi pour les pratiques agraires, avec une polyculture céréalière dans laquelle le seigle est bien représenté, et qui confère un rôle initiateur au haut Moyen Âge dans la formation des terroirs. On remarque une certaine homogénité dans l'impact sur le couvert végétal sur l'ensemble du massif, même s'il y a des variations dans l'intensité, qui sont probablement liées à la proximité des sites d'habitat (par exemple Nataloup au cœur des terroirs, à l'inverse Grand-Montarnu reste toujours plus éloigné des champs cultivées). Cette perception d'une homogénéité est encore accentuée par l'enregistrement de Poil, où l'anthropisation du couvert végétal est beaucoup plus importante, et où la culture du châtaignier domine le courvert forestier.

#### 3.3.2.6. Epoques moderne et contemporaine (XVe s. à nos jours)

Même si l'intégralité des sites dispense une information palynologique pour cette période (fig. 3.11.), saisir précisément les rythmes diachroniques de l'évolution du couvert végétal des

derniers siècles est assez délicat sur les séquences morvandelles en raison d'une compaction plus importante de la tourbe des niveaux supérieurs des tourbières, et du faible nombre de datations radiométriques pour cette période.

**De la fin du XV^e^ siècle au XIX^e^ siècle, au rythme du flottage : l'exploitation du bois du Morvan pour chauffer Paris**

L'ensemble des diagrammes polliniques du massif du Morvan enregistre la chute progressive de la représentation du couvert forestier (fig. A.23. à A.25. et A.27. à A.32.). Cette chute, concerne prioritairement le hêtre, principale essence concernée par la fourniture de bois de chauffe pour Paris. En effet, à partir du XVI^e^ siècle, l'exploitation de la forêt morvandelle à destination de la capitale, par le biais du flottage, va devenir l'activité économique principale du massif (voir chap. 1.1.3.), incitant les propriétaires terriens à favoriser les forêts au détriment des terres cultivées. Cependant, les enregistrements polliniques n'enregistrent pas particulièrement de chute des indicateurs agro-pastoraux - polyculture et élevage - ce qui tend à indiquer que, même si cette période ne correspond pas à une extension des terroirs agricoles, les surfaces cultivées n'ont pas non plus diminué de façon significative. La représentation pollinique des autres essences qui composent le couvert forestier du Morvan est beaucoup plus stable, bien que les sources historiques évoquent l'exploitation d'autres arbres que le hêtre pour le flottage, comme le bouleau, le charme ou encore le chêne pour les parties inutilisables comme bois d'œuvre. Cette dernière essence était aussi utilisée pour son écorce à destination des tanneries (voir chap. 1.1.3). Pourtant, sur l'ensemble des séquences analysées les taux de pollen de chêne ne chutent pas de manière significative ; une relative stabilité des courbes qui reste difficile à expliquer. Les surfaces concernées ont probablement été moins importantes que celles exploitées pour le bois de hêtre. On peut aussi envisager que les exploitations aient concerné d'autres secteurs, plus éloignés de ceux où ont été acquises les données paléoenvironnementales ? Enfin, la baisse de la population de chêne est peut-être aussi compensée par une augmentation de la pollinisation des individus situés dans des contextes plus ouverts, la pollinisation du chêne étant très sensible au degré d'ouverture du milieu (Troels-Smith, 1981).

La forte tendance au déclin du milieu forestier est alors continue du XVI^e^ au XIX^e^ siècle. La résolution temporelle des séquences pour ces périodes plus récentes, ne permet sans doute pas de saisir des événements ponctuels qui auraient pu laisser des impacts sur l'environnement,

comme les guerres de religion qui affectèrent le Morvan à la fin du XVI$^{e}$ siècle et durant lesquelles plusieurs domaines ou villages convertis au protestantisme seront détruits (Collectif 1997). Par ailleurs, s'il est difficile de quantifier la part exacte du flottage dans la chute de représentation de la hêtraie, les sources historiques semblent montrer que les autres activités consommatrices de bois restent marginales. Par exemple, dans son ouvrage sur les moulins du Morvan, Ph. Landry (1995) insiste sur le faible nombre de scieries hydrauliques mentionnés par les archives dans le massif et sur l'absence d'une réelle « industrie du bois » régionale. Ainsi, du XVIII$^{e}$ siècle au début du XX$^{e}$ siècle, le bois des forêts du Morvan était encore très majoritairement destiné à l'exportation brute. Enfin, si les diagrammes enregistrent une chute drastique des taux de pollen de hêtre, il faut pas forcément imaginer une déforestation proportionnelle. L'exploitation en taillis furetés qui a prévalue alors, conduit à l'épuisement progressif des souches, avec pour résultat, un impact négatif sur la pollinisation des arbres.

Si l'activité de flottage a eu un très fort impact sur le couvert forestier du Morvan, son impact sur le réseau hydrologique du massif fût important aussi, notamment par la création et l'aménagement de nombreux étangs (voir chap. 1.1.3.). Les deux tourbières qui se trouvent aujourd'hui en position de queue d'étang (étang Bouquin à Dun-les-Places et Verny-des-Brûlons à Saint-Agnan) ont enregistré une modification du couvert végétal de la zone qui peut être mis en rapport avec l'aménagement et le fonctionnement de ces structures en relation avec le flottage à partir des XV$^{e}$ – XVI$^{e}$ siècles (voir chap. 2.2.5. et 2.2.6.). A cette époque, les assemblages polliniques indiquent une diminution de l'aulne et une augmentation simultanée des Cypéracées : ce phénomène est probablement dû au remplacement de l'aulnaie locale par une cariçaie favorisée par un niveau d'eau plus élevé, ne permettant plus aux aulnes un enracinement suffisant. Mais on peut aussi imaginer que la baisse de l'aulne soit le résultat de déboisements des berges pour en favoriser l'accès et le contrôle du flottage à bûche perdue (voir chap. 1.1.3.). La combinaison de ces deux facteurs, peut aussi être envisagée sans que l'on ait les moyens de quantifier leur part respective.

**De la fin du flottage au reboisement actuel**

A la fin du XIX$^{e}$ siècle, largement conditionné par l'exploitation des hêtraies en furetage, la représentation pollinique de la forêt est extrêmement basse. Les spectres polliniques de subsurface enregistrent partout une nouvelle augmentation des taux de plantes cultivées, dans un

couvert forestier très réduit – une phase plus difficile à discerner lorsque la partie sommitale des carottes est assez compactée comme à Champ Gazon (fig. A.29. et au Grand Montarnu fig. A.25.). Un phénomène que l'on peut dater du XIX$^{e}$ siècle et de la première partie du XX$^{e}$, et l'on perçoit un nouvel essor de l'agriculture dans le Morvan, suite au déclin et à l'arrêt de l'activité de flottage (voir chap. 1.1.3.). On observe l'augmentation de la représentation de la polyculture traditionnelle morvandelle, avec les céréales de type blé, orge et/ou avoine, toujours une proportion importante de seigle, accompagné de chanvre et de sarrasin, avec aussi une nette augmentation des plantes rudérales. La culture de la pomme-de-terre prend aussi une part importante dans la production agricole à cette époque (Fédoroff *et al.* 1999), mais la faible production pollinique de cette Solanacées ne permet pas de retrouver les témoignages de sa culture dans les diagrammes polliniques.

L'apport des micropolluants atmosphériques sur l'ensemble des trois sites ayant fait l'objet d'analyses géochimiques prend une ampleur encore jamais égalée, du nord au sud du massif (fig. A.23., A.25. et A.32.). Les extractions minières de la seconde moitié du XIX$^{e}$ siècle dans le Morvan sont de loin les mieux documentées, par les textes comme par les vestiges qu'elles ont laissés sur le terrain (voir chap. 1.1.3.). Mais avec l'arrivée de l'ère industrielle, la pollution revêt désormais un caractère global. Elle va atteindre un maximum avec l'introduction de plomb comme anti-détonant dans l'essence et chutera à partir des années 90 avec la commercialisation des essences sans plomb (Monna 2001). Cela se traduit dans les diagrammes par un fort pic en termes de concentrations et des valeurs de rapports isotopiques plus faibles, qui est suivi d'une chute assez rapide, résultat de la généralisation de l'essence sans plomb. De même qu'il devient impossible de discerner dans un signal global, la pollution locale issues des activités minières du Morvan, on ne peut non plus faire la part de l'utilisation des ressources forestières à cet effet, tant la forêt est réduite et dégradée par l'exploitation du bois de chauffe.

Puis, avec l'exode rural qui s'accentue dans la période de l'Après-Guerre, et encore plus à partir de la moitié du XX$^{e}$ siècle, partout la représentation de la forêt augmente. Les spectres sommitaux des différentes séquences, enregistrent l'enrésinement du Morvan, avec l'apparition du pollen de pin, de sapin et d'épicéa ; les taux restent cependant modestes par rapport aux surfaces couvertes, mais les indices sont présents partout. Dans le même temps les échantillons analysés enregistrent la baisse drastique des indices d'agriculture. Toutefois, les tourbières qui connais-

sent encore une fréquentation pastorale occasionnelle en garde la trace par l'enregistrement de champignons coprophiles (particulièrement, Montbé, Nataloup et les Sources de l'Yonne, fig. A.27., A.30. et A.24.). La reforestation et la déprise agricole actuelle sont illustrées sur la carte en annexe A.33. et la fig. 3.11. par un impact quantifié qui retrouve des valeurs comparables à celles antérieures au Moyen Âge voire à la Protohistoire.

### 3.3.3. La construction des paysages culturels, mise en perspective

Le premier bilan que l'on peut faire au terme de ce tableau diachronique des évolutions du couvert végétal du Morvan concerne la valeur de notre jeu de données. Au cours de l'étude des tourbières du Morvan en tant qu'archives paléoenvironnementales, les indices ont convergé pour considérer qu'elles dispensent une information très locale : tout d'abord à propos de leur origine (chap 3.1.), puis de leur évolution (chap. 3.2.), et enfin, de l'enregistrement pollinique (chap. 3.3.). De ce fait, avant d'arriver à dégager une histoire de l'occupation à l'échelle du massif, on peut se poser la question de savoir si l'on ne perçoit pas une histoire de l'attractivité et de la répulsion de ces zones humides que sont les tourbières et leurs marges ! Le caractère très local de l'information est d'autant plus vrai pour les périodes les plus anciennes durant lesquelles la densité du couvert forestier fait barrage aux apports polliniques régionaux et lointains. Toutefois, même si les neuf sites étudiés dans le haut Morvan ne couvraient pas l'ensemble de l'Holocène, et présentaient plusieurs hiatus, leur nombre, sur un périmètre assez restreint, nous a permis de dégager des tendances, parfois à l'échelle des deux zones naturelles : haut Morvan montagnard et haut Morvan des collines, parfois à l'échelle du massif. Puis, pour les 15 derniers siècles, le site analysé en piémont (Quart-du-Bois à Poil) a constitué un enregistrement précieux pour souligner encore l'homogénéité de l'histoire végétal sur le massif.

**La constitution des territoires agricoles**

L'enregistrement pollinique des tourbières du Morvan qui évoque souvent des histoires locales, évoque aussi des terroirs de faible emprise spatiale, exploités par des unités de taille modeste. C'est encore l'image qu'offre le paysage actuel avec la prédominance d'un habitat dispersé et d'un parcellaire morcelé (chap. 1.1.2). Ainsi, deux sites aussi proches l'un de l'autre que les Sources de l'Yonne et le Port-des-Lamberts (environ 750 m entre les deux), sont situés chacun à proximité d'une ferme ou d'un petit hameau, des unités indépendantes qui, à une période indéterminée, ont pris le nom de leurs occupants : les Morins pour le premier, et les Lamberts pour le second. Chacune des deux tourbières est donc située dans le périmètre exploité par une unité différente, illustrant bien le morcellement des propriétés sur le massif.

Concernant l'histoire de l'agriculture dans le Morvan, les premiers apports de ce travail ont été de mettre en lumière son exploitation agro-pastorale durant la Pré- et Protohistoire. On observe ensuite que la phase décisive dans l'impact sur l'environnement, à la fois dans l'ampleur des défrichements et dans les types de cultures que l'on perçoit en palynologie, intervient très tôt dans le Moyen Âge : dès la période mérovingienne (chap. 3.3.2.5.). Ensuite, l'entretien et la conquête des espaces agraires semble se réaliser dans le prolongement, dans la même dynamique, jusqu'aux grandes déforestations modernes liées au flottage. Dès la fin du XV$^{e}$ siècle, l'exploitation du bois de chauffage à destination de Paris va durablement favoriser la surface forestière par rapport aux terres agricoles. L'aspect assez continu des courbes de plantes cultivées entre la fin du Moyen Âge et la mise en place de la production de bois de chauffe aux XV$^{e}$ et XVI$^{e}$ siècles, mais aussi jusqu'au début du XX$^{e}$ siècle, montre que l'on avait peut-être, à ce moment, atteint un maximum dans l'extension des surfaces cultivées sur le massif du Morvan (chap. 3.3.2.6.). De fait, la main d'œuvre nécessaire aux opérations en relation avec les différentes phases de l'exploitation du bois pour le flottage, était principalement fournie par les paysans morvandiaux (chap. 1.1.3.). En raison des conditions difficiles pour le développement d'une économie agricole satisfaisante aux époques modernes et contemporaines, les paysans morvandiaux devaient exercer des activités annexes, sources de revenus complémentaires indispensables à leur survie. Mais cette notion de mauvaise qualité est une notion moderne (voir citation de Vauban chap. 1.1.), et contemporaine (Bonnamour 1966). Qu'en est-il des époques antérieures pour lesquelles on ne dispose pas de témoignage direct ? Les pratiques agraires, comme les échelles de production, étaient différentes et donc la perception d'une « bonne terre » probablement aussi. Par ailleurs, on peut envisager une détérioration de certains sols exploités au cours du temps ; une détérioration évoquée localement autour du Mont-Beuvray par F. R. Braojos *et al.* (1996), et qui a aussi pu être plus finement observée, sur la longue durée et à l'échelle régionale, dans le sud de l'Allemagne (Rösch 1998). La question de l'amélioration des qualités agronomiques des sols acides du Morvan par apport de chaux peut aussi être posée. C'est une pratique qui est citée par les sources antiques concernant entre autres le peuple éduen (Pline l'Ancien *Naturalis Historia* XVII, 47 - I$^{er}$ siècle av. notre ère). Sur le territoire occupé par les Eduens au second âge du Fer, seul le Morvan au sens large (voir chap. 1.1.1.) présente des sols siliceux. Il est donc très proba-

ble que celui-ci ait été concerné par cette pratique décrite par les sources antiques, une pratique aujourd'hui toujours utilisée sur le massif et ses marges.

Ainsi, la qualité médiocre des sols morvandiaux n'a pas fait obstacle à l'installation des sociétés humaines, au moins du Néolithique jusqu'au XX$^{e}$ siècle. Cependant, le Morvan est resté en marge de grandes phases de développement de l'agriculture à l'échelle plus large de la France centrale et septentrionale, des phases intervenues au Néolithique final, à l'époque romaine, ou encore au XX$^{e}$ siècle. L'agriculture morvandelle semble avoir été de longue date une agriculture principalement de subsistance, qui a ses propres rythmes, souvent en décalage avec ceux des basses terres voisines qui sont dans des dynamiques à l'emprise territoriale plus vaste.

**La place du pastoralisme**

Concernant l'histoire des pratiques agraires, très vite, dès le Néolithique, apparaîssent les premiers indices de la présence de bétail. Une présence qui a été particulièrement mise en évidence par le biais des ascospores de champignons coprophiles, des marqueurs à fort caractère local (chap. 1.3.2.1.), et qui tendent donc à indiquer des périodes durant lesquelles l'utilisation des zones humides dans les parcours pastoraux a été privilégiée. Les données carpologiques acquises récemment en région Centre pour l'âge du Fer montrent une prédilection pour les zones humides concernant pacage et fauchage, les meilleures terres étant réservées à l'agriculture (Malrain *et al.* 2006). Ce choix se retrouve dans les pratiques traditionnelles morvandelles, où les « bonnes » terres sont rares et où les nombreuses prairies humides, paratourbeuses et tourbières étaient exploitées à la fois pour le pacage du bétail et pour le fauchage, notamment pour constituer les litières (Crosnier 1998). Le pastoralisme restera une constante en Morvan où il représente encore aujourd'hui l'une des activités économiques majeures (chap. 1.1.3.). Enfin, à propos de la question de l'élevage, on a peu évoqué au cours de ce travail la question des espèces concernées en Morvan. Les problèmes de conservation du matériel organique dans les sols acides du massif ont déjà été évoqués (par exemple chap. 1.1.2.), et, sur les rares fouilles archéologiques réalisées dans le Morvan, il n'y pas de conservation des os. Pour les périodes anciennes, on ne peut connaître la composition des cheptels, la part respective des bovins ou des ovi-capridés pour ne parler que des animaux susceptibles de paître dans les zones humides ? Que dire du cheval, symbole de la déesse celtique Epona que l'on retrouvait sur les numéraires éduens, et qui est aujourd'hui le symbole

du Parc du Morvan ? Il sera encore plus difficile d'évoquer la place du porc, qui était indéniablement importante, depuis au moins l'âge de Fer ; les rares assemblages archéozoologiques de Bibracte sont largement dominés par cette espèce animale (communication orale P. Méniel).

**La réserve forestière**

Sur l'ensemble du haut Morvan, c'est-à-dire à des altitudes comprises entre 400 et 900 mètres, les analyses polliniques ont clairement montré que sans l'intervention de l'Homme, depuis environ 5000 ans, c'est la hêtraie-chênaie qui domine l'espace forestier ; une forêt dans laquelle les résineux, pins, sapins, épicéas, n'ont jamais naturellement tenu de place significative (chap. 3.2.). La forêt morvandelle va être défrichée dès le Néolithique, mais les atteintes restent modestes tout au long de la Préhistoire et de Protohistoire. On a vu aussi que les premières activités minières et métallurgiques n'occasionnaient pas forcément des déforestations très importantes et durables (chap. 3.3.2.3.). A l'âge du Fer, et surtout au dernier siècle de notre ère, des défrichements de plus grande ampleur apparaîssent, répondant probablement à une demande grandissante des activités développées localement : artisanat, construction, agriculture, mais il est difficile de faire la part de chaque activité dans l'utilisation du bois. Avec la conquête romaine, on perçoit une modification dans la gestion des ressources forestières et les données palynologiques montrent des déforestations qui ne sont pas associées à des indices d'agro-pastoraux d'ampleur équivalente. On a peut-être à faire à une exploitation propre de la ressource forestière, une exploitation gérée en tant que telle, peut-être même destinée à « l'exportation » (chap. 3.3.2.4.). Une seconde phase d'exploitation, beaucoup plus évidente dans son interprétation, est celle du bois de chauffe pour Paris ; une exploitation qui conduira à l'épuisement et la réduction massive de la hêtraie-chênaie morvandelle. Aujourd'hui, la sylviculture reste l'une des deux activités économiques dominantes du Morvan, une activité qui a introduit en masse les résineux depuis le milieu du XX$^{e}$ siècle.

**L'exploitation des ressources minières**

Le travail paléoécologique que nous avons réalisé dans le Morvan, couplé avec les analyses de géochimie isotopique, ont contribué à révéler le passé minier préhistorique, puis médiéval du massif, dont seules les exploitations du XIX$^{e}$ siècle et du XX$^{e}$ siècle étaient reconnues (voir fig . A.35.). Par la répétition du même protocole d'analyse à trois reprises sur le massif, ces études

ont démontré le caractère très local de l'enregistrement des pollutions. Elles ont aussi validé l'hypothèse des archéologues sur l'attractivité des ressources polymétalliques du haut Morvan durant la Protohistoire ; une histoire antérieure à celle de Bibracte, qui a forcément jouer un rôle dans l'installation et la richesse de la ville éduenne sur le Mont-Beuvray (voir chap. 3.3.2.3.). Ces exploitations ont aussi modifié la perception du massif pour l'âge du Bronze, qui n'est plus seulement considéré comme une zone importatrice de métal, mais comme une zone productrice (Jouffroy-Bapicot *et al.* 2008, Jouffroy-Bapicot *et al.* 2007, Monna *et al.* 2004) mais aussi d'après l'étude du mobilier des dépôts localisés sur les marges du massif (Forel *et al.* 2009, Gabillot *et al.* 2009). L'analyse du remplissage du Canal du Touron (chap. 2.3.) renvoie aussi à une exploitation minière antique même si la question de la datation exacte du début du remplissage reste en suspens (de l'âge du Fer ou de l'Antiquité ?). Des études complémentaires sont indispensables, pour dater précisément les exploitations, déterminer les minerais extraits au cours du temps ; certaines sont déjà engagées comme la fouille d'une minière sur le Mont-Beuvray. Pour aller plus loin, des opérations de terrain ciblées sur certaines exploitations comme celles situées à proximité de la tourbière du Grand-Montarnu permettraient de mettre réellement en synergie des phases d'activités minières et de pollutions atmosphériques métalliques dans la diachronie.

Si le passé minier du Morvan est progressivement mis au jour, en revanche on sait extrêmement peu de choses du rôle éventuel qu'ont pu jouer d'autres activités paléoindustrielles. L'exploitation de l'écorce de chêne, du Moyen Âge au début du XXe siècle, pour la tannerie a été évoquée (chap. 3.3.), ainsi que l'exploitation du sel à Saint-Père-sous-Vézelay. Dans le Jura, les études paléoécologiques (anthracologie et palynologie) sur des zones d'exploitation du sel depuis la Préhistoire ont montré la force de l'impact de cette activité sur l'environnement immédiat comme sur le couvert forestier régional (Dufraisse et Gauthier 2002). C'est une activité dont l'existence est avérée en bordure nord du Morvan, à Saint-Père-sous-Vézelay (Bernard *et al.* 2006) dès la transition Néolithique/Bronze ancien, mais dont le potentiel n'a pas encore été réellement évalué sur le massif.

**Sociétés humaines, forçages climatiques et évolution des pratiques…**

Le phénomène le plus clairement en prise avec les conditions climatiques est la déprise saisie sur l'ensemble des sites au moment de la péjoration climatique du Bronze moyen (chap.

3.3.2.3.), une déprise que nous avons plutôt interprétée comme une période de moindre attractivité des zones humides, que comme une réelle baisse d'occupation du Morvan. La prégnance du poids des sociétés, et aussi peut-être parfois une résolution temporelle un peu faible, n'ont pas permis de mettre en lumière de claires interactions entre l'évolution des pratiques et les forçages climatiques de la fin de l'Holocène.

# CONCLUSION

La conclusion de ce travail de thèse nous amène à reconsidérer les trois grands objectifs énoncés en Introduction. Malgré les limites inhérentes aux séquences issues des petites tourbières morvandelles - principalement une résolution temporelle parfois un peu faible, assortie de hiatus sédimentaires - les dix enregistrements, répartis sur la surface modeste que représente la partie dite « montagnarde » du massif, nous ont permis d'apporter des éléments de réponses aux trois grands points sur lesquels reposaient la problématique.

Le premier consistait à combler un « vide » géographique dans les analyses paléoenvironnementales, principalement par rapport aux zones de moyennes montagnes voisines, le Jura et le Massif central. Les données paléoenvironnementales acquises renseignent l'histoire de la végétation du Morvan, parfois dès le Tardiglaciaire. Globalement, l'ensemble de l'Holocène est relativement bien documenté, même s'il faut attendre l'Holocène récent, à partir de 5000 cal BP, pour que la majorité des séquences puissent être utilisables. Les analyses polliniques du Morvan ont permis de placer les reconquêtes forestières holocènes en perspective dans le cadre de l'Europe occidentale, avec un rythme assez comparable à celui observé dans certaines zones du Massif central, comme le plateau de Millevaches ou encore de Massif central oriental. Ces données revêtent à la fois une valeur locale mais aussi une valeur à plus grande échelle. Concernant la valeur locale, un exemple majeur est celui de la place « naturelle » des résineux dans la forêt du Morvan. Aujourd'hui très présents dans le paysage forestier du Morvan, le pin, le sapin ou encore l'épicéa n'ont jamais réellement formé de peuplements importants sur le massif avant les plantations du XX$^{e}$ siècle. Cette information vient alimenter les débats entre les forestiers et les gestionnaires de l'environnement, sur les orientations de la sylviculture sur le massif, et particulièrement sur la place des résineux dans le Morvan et son impact édaphique, paysager, etc... Les données polliniques doivent être prises en compte dans les choix actuels pour la forêt à venir. D'un point de vue plus global, les données polliniques du Morvan viennent alimenter des bases de données à l'échelle européenne, comme l'European Pollen Database (*EPD*) (Fyfe *et al.* 2009), également en liaison avec les programmes LANDCLIM et LUCCI (M.-J. Gaillard Univ. Lund – Suède et F. Mazier- CNRS, pour la France ). Ces programmes menés dans le prolongement des

travaux du groupe POLANDCAL (Gaillard 2008) exploitent les programmes de spatialisation des données polliniques développés alors pour reconstituer de façon diachronique le couvert végétal de l'Europe moyenne et septentrionale, en relation avec les forçages climatiques et les impacts anthropiques.

Le deuxième point concernait les grandes étapes de formation du paysage morvandiau et l'histoire des pratiques qui l'ont façonné. D'un point de vue méthodologique, la constitution de schémas et de cartes diachroniques des impacts anthropiques perçus par le biais des analyses des palynofaciès - pollen, spores et microfossiles non-polliniques – aura permis une vision à la fois chronologique et spatialisée sur l'ensemble du massif. Les premiers indices d'activités agro-pastorales ont montré, du 5e au 3e millénaire avant notre ère, une phase de mobilité des groupes humains et des pratiques, une phase durant laquelle alternent emprises et déprises, agriculture ou pastoralisme, à proximité des zones humides étudiées. Elles ont mis en évidence l'ancienneté et l'importance du pastoralisme au Néolithique, comme cela a déjà pu être remarqué dans d'autres zones de moyenne montagne, comme par exemple dans les Pyrénées, le plateau de Millevaches (Massi central), le massif du Champsaur (Alpes)... L'élevage est toujours une activité dominante dans le Morvan, une activité qui concerne à nouveau les zones humides, alors que les modes d'exploitation traditionnels sont à nouveau valorisés aujourd'hui (agriculture biologique, préservation de la biodiversité, entretien des espaces remarquables dont font partie ces zones humides).

L'exploitation des ressources minières, dès l'âge du Bronze, représente aussi un aspect important dans l'occupation du massif. L'attractivité des ressources minières polymétalliques aura été démontrée par la combinaison des analyses pollinique et géochimique, dans la présence humaine, sur le haut Morvan montagnard au moins, au cours des âges des Métaux (de 2300 cal BC jusqu'au changement d'ère). On peut aussi envisager qu'elle ait joué un rôle important dans l'installation et la prospérité de Bibracte sur le Mont-Beuvray. Les défrichements prennent de l'ampleur à partir du second âge du Fer et la ressource forestière semble ensuite particulièrement convoitée à l'époque romaine, même si sa destination précise reste à définir (pour quelles activités, quelle ère d'approvisionnement ?). L'apogée de l'exploitation de la forêt morvandelle est atteinte avec la production de bois de chauffe pour Paris, du XVIe au XIXe siècle. Les analyses

paléoécologiques mettent en lumière l'impact drastique sur la hêtraie de cette activité par ailleurs bien documentée par les sources historiques. Si assez classiquement le Moyen Âge semble être une période clé dans la formation du paysage agraire, les analyses polliniques ont montré dans le Morvan, une origine très précoce de cette phase, dès l'époque mérovingienne. Elles mettent ainsi en lumière une période historique jusqu'à maintenant très mal connue dans le Morvan, et donne à l'occupation humaine du haut Moyen Âge, une ampleur insoupçonnée jusqu'alors.

Les dynamiques d'occupations envisagées dans la longue durée montrent la succession de temps forts dans l'histoire du Morvan, des temps forts qui correspondent à des moments où les hommes ont su tirer parti des ressources propres du massif, comme le minerai pour la Protohistoire et la forêt pour l'époque moderne. On peut aussi souligner que les activités humaines illustrées par les études paléoenvironnementales, comme le pastoralisme, l'exploitation des ressources minières, viennent s'ajouter ou complèter celles déjà reconnues par les sources archéologiques et historiques, comme l'exploitation des ressources forestières, ou encore la fréquentation dans la très longue durée de lieux de culte liées aux sources, forêts, roches... Ce sont autant de traits qui caractérisent les zones moyennes montagne (comme a par exemple pu le montrer le 1er Workshop « *Archaeology of European Mountain Landscapes*» qui s'est tenu à Tarragone en Espagne en juin 2008). C'est donc un ensemble de pratiques qui affirme le caractère montagnard de la partie du Morvan concernée par notre étude.

Enfin, le troisième et dernier point concernait l'histoire de l'occupation humaine de la région. Dans ce domaine, les analyses polliniques ont considérablement renouvelé l'image que l'on pouvait avoir du peuplement de ce petit massif. La valeur intrinsèque de l'analyse pollinique de séquences sédimentaires prélevées en milieu humide permet d'obtenir une image continue de l'occupation, qui jusqu'alors était plutôt une juxtaposition de périodes bien distinctes. Tant dans le temps que dans l'espace, des traces d'occupation inédites ont été révélées. Les cartes diachroniques d'occupation du massif montrent aussi que le vide archéologique du Morvan des collines est plus le reflet d'un état de la recherche que celui de la réalité historique. La variabilité entre Morvan montagnard et Morvan des collines est finalement aussi assez faible, le gradient altitudinal n'étant probablement pas suffisamment fort pour offrir des conditions d'exploitation très différentes entre les deux ensembles. Les différences se situent à un niveau beaucoup plus micro-

local, liées aux caractéristiques des bassins versants dans lesquelles sont localisées les tourbières analysées . Bien sûr cette approche comporte ses propres limites, que nous avons régulièrement rappelées tout au long de ce travail : distance des sites d'occupation et des activités par rapports au point de carottage, précision temporelle souvent faible... De ce fait, les données paléoécologiques sont complémentaires mais ne remplacent pas les données archéologiques, qui investissent d'autres échelles spatiales et temporelles.

Si le bilan est en fin de compte plutôt positif, beaucoup de questions restent aussi en suspens au terme de ce travail : soit que l'analyse des données paléoenvironnementales n'ait pu y répondre, soit qu'elle les ait fait émerger. Ces questions ouvrent autant de perspectives de recherche qui solliciteront plus que jamais la pluridisciplinarité.

Tout d'abord, on a souligné la complexité qu'il y avait à exploiter les parties les plus anciennes des séquences sédimentaires analysées. La recherche de nouvelles séquences, dans d'autres secteurs des formations tourbeuses les plus anciennes (par exemple Champ Gazon ou Nataloup), est nécessaire pour obtenir des enregistrements de meilleure qualité, sans pollution pollinique, moins affectés par les hiatus sédimentaires. Ainsi, l'analyse de ces nouvelles séquences, bien datées, permettrait de mieux caler chronologiquement les biozones du Tardiglaciaire et du début de l'Holocène dans le Morvan, et d'en apprécier les spécificités.

Les cartes produites à partir de l'analyse semi-quantitative des impacts perçus par les données polliniques, commencent à être utilisées pour orienter les recherches archéologiques et les programmes de prospection du Morvan. Comme nous l'avons déjà remarqué, à l'intérieur du massif du Morvan, les différences d'altitudes sont assez restreintes (de 900 à 450 mètres), et peu de différences d'occupation sont apparues entre l'étage montagnard -de faible emprise spatiale - et l'étage collinéen. En revanche, l'enregistrement de piémont sur du massif, à Poil, se distingue nettement des autres séquences durant 15 siècles, tant par l'intensité des impacts perçus que par la nature des activités agricoles. Il faudra donc plutôt rechercher des mécanismes de complémentarité des terroirs avec des séquences sédimentaires de plaines prélevées dans les dépressions périmorvandelles, pour comparer les dynamiques végétales et particulièrement celles conditionnées par l'activité humaine. Par ailleurs, deux séquences sont en cours d'analyse sur le Nivernais

plateau de Prémery et en vallée en Puisaye dans des régions voisines du Morvan. Il s'agit aussi de trouver des séquences intermédiaires entre le Morvan et celles-ci.

Ensuite, une des limites dans l'interprétation des interactions entre sociétés humaines, climat et réponses des écosystèmes anthropisés, est la faible résolution temporelle qui affecte les séquences sédimentaires en général (Berglund, 2003), et les séquences du Morvan en particulier. Pour procéder à des analyses à plus haute résolution, sur des zones ateliers en collaboration avec archéologues, historiens, écologues, il est nécessaire de trouver des enregistrements plus dilatés… Deux projets sont d'ors et déjà en cours d'élaboration, autour des sources de l'Yonne pour l'âge du Fer et l'époque romaine, et dans les bassins de l'Yonne et de la Cure à l'époque médiévale. Ces études devraient permettre de mieux cerner les rythmes et les modalités de la formation des paysages en relation avec les activités humaines. Par exemple, des éclaircissements progressifs de la forêt, de la petite taille des espaces de sols exploitables pour l'agriculture et du morcellement de la propriété est né un parcellaire bocager, traditionnellement constitué de haies vives de hêtres et noisetiers tressés (chap. 1.1.2.). Comme dans d'autres régions (Marguerie 2009), le croisement entre données paléoécologiques et archéologiques permettraient de savoir quand et comment se met en place ce paysage bocager, quel rôle à joué le feu dans son entretien. Des pistes de travail ont aussi été ouvertes autour des étangs traditionnellement associés à l'expansion du flottage au XVI$^{e}$ siècle mais qui, ont l'a vu, semblent souvent être plus anciens. Il n'y a pas de lac dans le Morvan, et très tôt des étangs ont dû être aménagés pour consituer des réserves halieutiques. L'aménagement du réseau hydrographique se pose aussi la question du transport par voie d'eau (flottage du bois, mais aussi transport de marchandises) dans le Morvan, qui pourrait être antérieur à l'époque moderne.

Enfin, si le travail qui vient d'être présenté a surtout été axé sur l'évolution du couvert végétal à l'échelle micro-régionale, l'un de ses prolongements pourrait emprunter une voie un peu différente, plus axée sur les dynamiques écologiques propres aux zones de dépôt analysées. Pour ce faire, en plus des données polliniques concernant particulièrement la végétation des tourbières, l'exploitation des microfossiles non-polliniques consitue un potentiel qui n'a pas encore été réellement exploité. Dans l'établissement des plans de gestion des tourbières actuelles, il y a souvent la recherche d'un « état initial », exempt de l'intervention humaine, de la part des organismes chargés de la protection des zones humides. Or, comme on a pu l'évoquer à plusieurs reprises

au cours des analyses paléoécologiques, le rôle de l'homme est envisagé dans la formation même de certaines tourbières du Morvan. Si aujourd'hui l'activité humaine est systématique envisagée en termes de dégradation de l'environnement, l'Homme a aussi été un acteur de la biodiversité. Les analyses paléoenvironnementales doivent aussi être des outils au service des sociétés humaines actuelles, dans le sens où elles permettent de mieux connaître l'héritage avec lequel celles-ci doivent gérer le présent et préparer l'avenir. Il ne faut pas non plus négliger le passif légué par les activités des sociétés qui nous ont précédés, l'exemple qui l'illustre le mieux dans le Morvan, est celui des pollutions au plomb des anciennes exploitations minières, accumulées dans les tourbières depuis les premières activités métallurgiques de l'âge du Bronze, soit une histoire de pollution vieille de quelques 3500 ans.

Ainsi, à l'issue de cette première étude régionale de l'histoire de la végétation du massif du Morvan, même si le tableau reste encore flou et parfois incomplet, l'histoire du couvert végétal du Morvan ne se fait non plus en faisant référence à celle des régions voisines, mais en s'appuyant sur une solide base de données paléoenvironnementales. Les études futures ne manqueront pas de venir enrichir et nuancer cette histoire construite sur la base de la confrontation des données palynologiques avec celles d'autres disciplines.

# BIBLIOGRAPHIE

**Sources anciennes**

*Les Panégyriques Latins.* Edités et traduits par C. Galletier. 1952. Paris : Les Belles Lettres

César, *La guerre des Gaules*. Texte établi et traduit par L.-A. Constans. 1956. Paris : Les Belles Lettres

Pline l'Ancien *Histoire naturelle Livre XVII. Traduits par J. Andre*. 1964. Paris : Les Belles Lettres (Pomponius Mela, *Chorographie*. Traduits par A. Silberman. Paris : Les Belles Lettres

Strabon, *Géographie. Tome II : Livres III et IV. (Espagne-Gaule).* Texte établi et traduit par F. Lasserre. 1966. Paris : Les Belles Lettres.

Agou P., 1997. *Plan de gestion biologique de la tourbière du Port des Lamberts*, Life-Nature «Programme de protection des tourbières de France». Conservatoire des Sites Naturels Bourguignons. Quétigny, 23 p.

Agou P., 1998a. *Etude simplifiée de la tourbière de la Croisette*, Life-Nature «Programme de protection des tourbières de France». Conservatoire des Sites Naturels Bourguignons. Quétigny, 8 p.

Agou P., 1998b. *Etude simplifiée de la tourbière de la Proie*. Conservatoire des Sites Naturels Bourguignons. Quétigny, 8 p.

Agou P., Marchadier P. et Chiffaut A., 1997. *Plan de gestion de la tourbière du Grand Montarnu*, Life-Nature «Programme de protection des tourbières de France». Conservatoire des Sites Naturels Bourguignons. Quétigny, 29 p.

Algan O., Cagatay M. N., Tchepalyga A., Ongan D., Eastoe C. et Gokasan E., 2001. Stratigraphy of the sediment infill in Bosphorus Strait: water exchange between the Black and Mediterranean Seas during the last glacial Holocene. *Geo Marine Letters*, 20 (4): 209-218.

Allée P., Diot M.-F., Durieux J.-F., Reynet J.-M. et Valadas B., 1997. Trois mille ans d'enregistrement sédimentaire dans les fonds de vallons des bas plateaux limousins. *In* : J. Burnouf, J.-P. Bravard et G. Chouquer (éds.), *La dynamique des paysages protohistoriques, antiques, médiévaux et modernes.* XVII[e] Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes. Sophia Antipolis: APDCA, 365-387.

Allée P. et Lespez L., 2006. De l'océanique au méditérannéen, la disparité des réponses morphosédimentaires holocènes, dans les massifs anciens européens. *In* : P. Allée et L. Lespez (éds.), *L'érosion entre société, climat et paléoenvironnement. Table ronde en l'honneur du Professeur René Neboit-Guilhot.* Clermont-Ferrand: Presses Universitaires Blaise Pascal, 203-214. (Nature & Société ; 3).

Amagro-Gorbea M. et Gran-Aymerich J., 1996. Prospections sur Le Porrey, point culminant du Mont Beuvray (1987-1989). *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), *L'environnement du Mont Beuvray.* Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 191-204. (Bibracte ; 1).

Andersen S. T., 1979. Identification of wild grass and cereal pollen *Danmarks Geol Undersogelse*, 1978: 69-92.

Andrieu-Ponel V., 1991. *Dynamique du paléoenvironnement de la vallée montagnarde de la Garonne (Pyrénées centrales, France) de la fin des temps glaciaires à l'actuel*. Toulouse, Université deToulouse II, 330 p., thèse de doctorat.

Argant J., 1990. *Climat et environnement au Quaternaire dans le bassin du Rhône d'après les données palynologiques*. Thèse de doctorat, Villeurbanne: Université Claude Bernard, Centre des sciences de la terre, 202 p.

Argant J. et Lopez-Saez J.-A., 2004. L'occupation humaine du bassin de Sarlième depuis le Néolithique d'après la palynologie et l'étude des microfossiles non polliniques. *In* : *Actes de 5e rencontres méridionales de Préhistoire récente Auvergne et Midi, Clermont-Ferrand 8 et 9 novembre 2002*. 25-34. (Préhistoire du Sud-Ouest. Supplément ; 9).

Baffier D. et Girard M., 1998. *Les cavernes d'Arcy-sur-Cure*. Paris : La Maison des Roches, 120 p. (Terres préhistoriques).

Barbier D., 1999. *Histoire de la végétation du nord-mayennais de la fin du Weichsélien à l'aube du XXIème siècle. Mise en évidence d'un Tardiglaciaire armoricain. Interactions Homme-Milieu*. Nantes: Groupe d'Etudes des Milieux Naturels (GEMINA), 284 p.

Barbier D. et Visset L., 1997. Logne, a peat bog of European ecological interest in the Massif Armorican, western France: Bog development, vegetation and land-use history. *Vegetation History and Archaeobotany*, 6 (2): 69-77.

Bardet O., Fédoroff E., Causse G. et Moret J., 2008. *La flore sauvage de Bourgogne*. Mèze/Paris : BIOTOPE/ Muséum national d'Histoire naturelle, 752 p.

Baron S., Lavoie M., Ploquin A., Carignan J., Pulido M. et de Beaulieu J.-L., 2005. Record of Metal Workshops in Peat Deposits: History and Environmental Impact on the Mont Lozère Massif, France. *Environmental Science & Technology*, 39 (14): 5131-5140.

Barral P., 1996. Les noms de lieux du Mont Beuvray. Contribution à l'étude d'un terroir. *In* : *L'environnement du Mont-Beuvray*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 167-175. (Bibracte ; 1).

Barral P., Beck P., Bernal J., Boyer F., Buschenschutz O., Flouest J.-L., Laszlovszky J., Luginbühl T., Paratte C.-A., Paunier D., Quinn D., Ralston I., Szabo M., Vitali D. et Wiethold J., 1995. Les fouilles du Mont-Beuvray. Nièvre - Saône-et-Loire. Rapport biennal 1992-1993. *Revue archéologique de l'Est*, 46: 217-293.

Barral P. et Richard H. (éds.), 2009. *Fouilles de la fontaine Saint-Pierre au Mont Beuvray (1988-1992, 1996). Aménagement d'une source sur l'oppidum de Bibracte*, Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 263 p. (Bibracte ; 17).

Barthelmes A., Prager A. et Joosten H., 2006. Palaeoecological analysis of Alnus wood peats with special attention to non-pollen palynomorphs. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141 (1-2): 33-51.

Batardy C., Buchsenschutz O. et Dumasy F. (éds.), 2001. *Le Berry Antique - Atlas 2000*. Supplément à la Revue Archéologique du Centre de la France ; 21, Tours, 190 p.

Beaujeu-Garnier J., 1951. *Le Morvan et sa bordure. Etude morphologique*. Paris : Presses Universitaires de France, 288 p.

Beck C., 2008. La gestion de la forêt dans la région autunoise à la fin du Moyen Âge. *In* : V. Guichard et D. Sirugue (éds.), *La forêt morvandelle. Actualité de la recherche.* Parc Naturel Régional du Morvan 93-96. (Cahiers scientifiques du Parc ; 5. Revue scientifique Bourgogne-Nature Hors-série ; 3-2007).

Beck P., 1993. Mont-Beuvray (Saône-et-Loire). *Archéologie Médiévale*

Bégeot C., 1998. Le comportement pollinique du Noisetier (*Corylus avellana*), son rôle comme indicateur d'impacts anthropiques ? L'exemple d'un transect dans le sud du Jura. *Acta botanica Gallica*, 145 (4): 271-277.

Bégeot C., 2000. *Histoire de la végétation et du climat au Tardiglaciaire et au début de l'Holocène sur le massif jurassien à partir de l'analyse pollinique*. Besançon, Université de Franche-Comté, 199 p., Thèse de doctorat.

Behre K.-E., 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et spores*, 23: 225-245.

Behre K.-E. (éd.) 1986. *Anthropogenic indicators in pollen diagrams*, Rotterdam : Balkema, 232 p.

Behre K.-E., 1992. The history of rye cultivation in Europe. *Vegetation History and Archaeobotany*, 1 (3): 141-156.

Behre K.-E., 2007. Evidence for Mesolithic agriculture in and around Central Europe? *Vegetation History and Archaeobotany*, 16 (2-3): 203-219.

Bell A., 1983. *Dung fungi. An illustrated guide to coprophilous fungi in New Zeland*. Victoria: Victoria University Press. Private Bag Wellington.

Bennett K. D., Tzedakis C. et Willis K. J., 1991. Quaternary refugia of north European trees. *Journal of Biogeography*, 18: 103-115.

Benoit P., Berthier K., Boët P. et Rezé C., 2004. Les aménagements hydrauliques liés au flottage du bois, leur impact sur le milieu fluvial (XVI^e^-XVIII^e^ siècles). *In* : J. Burnouf et P. Leveau (éds.), *Fleuves et marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture*. Paris : C.T.H.S., 311-320. (Archéologie et Histoire de l'Art ; 19).

Berglund B. E., 2003. Human impact and climate changes - synchronous events and a causal link? *Quaternary International*, 105: 7-12.

Bernard V., Weller O. et Pétrequin P., 2006. Les puits en bois néolithiques des Fontaines Salées (Saint-Père-sous-Vézelay, Yonne). *In* : O. Weller, A. Dufraisse et P. Pétrequin (éds.), *Sel, eau et forêt : hier et aujourd'hui*. Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté, 299-334. (Les cahiers de la MSHE Ledoux. Homme et environnement).

Berrio J. C., Hooghiemstra H., van Geel B. et Ludlow Wiechers B., 2006. Environmental history of the dry forest biome of Guerrero, Mexico, and human impact during the last c. 2700 years. *Holocene*, 16 (1): 63-80.

Beug H.-J., 1975. Man as factor in the vegetation history of the Balkan peninsula. *In* : D. Jordanov (éd.) *Problems of Balkan flora and vegetation*. Sophia.

Beug H.-J., 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiet*. München (D): Pfeil, 542 p.

Beyens L. et Meisterfeld R., 2001. Protozoa: Testate Amoebae. In: J. P. Smol, J. B. Birks et W. M. Last (éds.), *Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3: Terrestrial, algal, and siliceous indicators*. Dorderecht: Kluwer, 121-153. (Developments in Paleoenvironmental Research).

Bibracte, 2009. *Bibracte. Entrez dans les coulisses.* http://www.bibracte.fr/fr/entrez-dans-les-coulisses/chercher_04_01.html Consulté en septembre 2009

Bigeard H., 1996. *La Nièvre. 58*. Paris : Académie des Belles Lettres. Fondation Maison des Sciences de l'Homme, 300 p. (Carte archéologique de la Gaule).

Biquand C., Ducomet G. et Tabbagh A., 1996. Prospection thermique aéroportée autour du Mont Beuvray. *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), *L'environnement du Mont Beuvray.* Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 133-137. (Bibracte ; 1).

Björck S. et Scott A. E., 2007. Paleoclimate reconstruction | Younger Dryas Oscillation, Global Evidence. In : *Encyclopedia of Quaternary Science Oxford*, 1985-1993 p.

Blanchot C., 2001. *Histoire des pollutions en plomb reconstituée à partir d'une tourbière ombrotrophique située au Port-des-Lamberts, France*, 52 p., Mémoire de Master 1.

Boisson J., 2003. *Inventaire des ressources et des exploitations minières métallifères dans le Morvan*. Dijon, Université de Bourgogne, 48 p., mémoire de DESS.

Bonnamour J., 1966. *Le Morvan, la terre et les hommes*. Paris : PUF.

Bos J. A. A., Huisman D. J., Kiden P., Hoek W. Z. et van Geel B., 2005. Early Holocene environmental change in the Kreekrak area (Zeeland, SW-Netherlands): A multi-proxy analysis. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 227 (4): 259-289.

Bos J. A. A. et Urz R., 2003. Late Glacial and early Holocene environment in the middle Lahn river valley (Hessen, central-west Germany) and the local impact of early Mesolithic people - pollen and macrofossil evidence. *Vegetation History and Archaeobotany*, 12 (1): 19-36.

Bottema S., 2001. A note on the pollen representation of ivy (Hedera helix L.). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 117 (1-3) Special Iss. SI): 159-166. (Modern pollen deposition, tree-lines and climate. INQUA XV International Congress, 3-11 August 1999, Durban, South Africa).

Bouby L., 2002. Le chanvre (*Cannabis sativa* L.) : une plante cultivée à la fin de l'âge du Fer en France du Sud-Ouest ? *Comptes Rendus Palevol*, 1 (2): 89-95.

Boukezzoula M., 2001. La zone minière et métallurgique du Mâconnais. *In* : *Atlas historique des zones minières d'Europe*. Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes.

Bourquin-Mignot C., 2009. Les bois gorgés d'eau. *In* : P. Barral et H. Richard (éds.), *Fouilles de la fontaine Saint-Pierre au Mont Beuvray (1988-1992, 1996). Aménagement d'une source sur l'oppidum de Bibracte*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 109-134. (Bibracte 17).

Boutron C., Rosman K., Barbante C., Bolshov M., Adams F., Hong S. et Ferrari C., 2004. L'archivage des activités humaines par les neiges et glaces polaires : le cas du plomb. *Comptes Rendus Geosciences*, 336 (10): 847-867.

Boyer F., 1996. Les études géologiques au Mont Beuvray. Bilan et persectives. *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), *L'environnement du Mont Beuvray*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 9-26. (Bibracte ; 1).

Bradshaw R. H. W. et Lindbladh M., 2005. Regional spread and stand-scale establishment of *Fagus sylvatica* and *Picea abies* in Scandinavia. *Ecology*, 86 (7): 1679-1686.

Brännvall M.-L., Bindler R., Emteryd O., Nilsson M. et Renberg I., 1997. Stable isotopes and concentration records of atmospheric lead pollution in peat and lake sediments in Sweden. *Water, Air, & Soil Pollution*, 100: 243-252.

Braojos F. R., Diouf M. et Maxime F., 1996. Etudes sur l'agriculture autour du Mont Beuvray. *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), *L'environnement du Mont Beuvray.* Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 99-121. (Bibracte ; 1).

Breitenlechner E., Hilber M., Lutz J., Kathrein Y., Unterkircher A. et Oeggl K., in press. The impact of mining activities on the environment reflected by pollen, charcoal and geochemical analyses. *Journal of Archaeological Science*, In Press.

Bruley J., 1995. *Les gondoliers du Morvan. Quatre siècles durant, Paris fut chauffé par le bois du Morvan*. Précy-sous-Thil : Editions de l'Armançon, 333 p.

Brun C., 2007. *Archéophytes et néophytes. Pour une détermination des marqueurs polliniques forts de l'anthropisation dans les milieux cultivés et rudéraux de Franche-Comté*. Besançon, Université de Franche-Comté, 421 p., thèse de doctorat, Sciences de la Vie et de l'Environnement.

Brun C., 2009. Biodiversity changes in highly anthropogenic environments (cultivated and ruderal) since the Neolithic in eastern France. *Holocene*, 19 (6) : 861-871.

Brun C., Dessaint F., Richard H. et Bretagnolle F., 2007. Arable-weed flora and its pollen representation: a case study from eastern part of France. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 146 : 29-50.

Brun P. et Ruby P., 2008. *L'âge du Fer en France. Premières villes, premiers Etats celtiques*. Paris : La Découverte, 180 p. (Archéologies de la France).

Buchsenschutz O. (éd.) 2007. *Les Celtes*, Paris : Armand Colin, 278 p. (Civilisations).

Buchsenschutz O., Guillaumet J.-P. et Ralston I. (éds.), 1999. *Les remparts de Bibracte. Recherches récentes sur la Porte du Rebout et le tracé des fortifications*, Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 316 p. (Bibracte ; 3).

Buchsenschutz O. et Richard H. (éds.), 1996. *L'environnement du Mont Beuvray*, Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 207 p. (Bibracte ; 1).

Burnouf J., 2008. *Archéologie médiévale en France : Le second Moyen Age (XIIe-XVIe siècle)*. Paris : La Découverte (Archéologies de la France).

Carozza L. et Marcigny C., 2007. *L'âge du Bronze en France*. Paris : La Découverte, 156 p. (Archéologies de la France).

Carré H., Duhamel P. et Prestreau M., 1990. Le Mésolithique, le Néolithique. *In* : *L'Yonne et son passé*. 30 ans d'archéologie.

Catteddu I., 2008. *Archéologie médiévale en France : Le premier Moyen Age (Ve-XIe siècle)*. Paris : La Découverte, 177 p. (Archéologies de la France).

Cauuet B., Mairecolas M., Mossière B., Tamas C.-G. et Baron S., 2008. 8. Etude de la minière à la Pâture des Grangerands. *In* : *Rapport annuel d'activité 2008*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 285-358.

Cauuet B. et Tamas C.-G., 2008. Les exploitations minières. *In* : L. Dhennequin, J.-P. Guillaumet et M. Szabo (éds.), *L'oppidum de Bibracte (Mont-Beuvray, France). Bilan de 10 années de recherches (1996-2005)*. Budapest: Akadémiai Kiado, 11-12. (Acta Archaeologica ; 59/1).

Chabin J.-P., 1996. Le climat du Mont Beuvray. Evaluation de quelques valeurs essentielles. *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), *L'environnement du Mont Beuvray*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 39-50. (Bibracte ; 1).

Chardron-Picault P. et Pernot M. (éds.), 1999. *Un quartier antique d'artisanant métallurgique à Autun*, Paris : Maison des Sciences de l'Homme, 316 p. (Documents d'archéologie française (DAF) ; 76. Archéologie Préventive).

Charman D., 2002. *Peatlands and environmental change*. Chichester: John Wiley & Sons, 301 p.

Chauvel B., Dessaint F., Cardinal-Legrand C. et Bretagnolle F., 2006. The historical spread of *Ambrosia artemisiifolia* L. in France from herbarium records. *Journal of Biogeography*.

Chevrier S., 2002. L'âge du Bronze dans le département de la Nièvre : état de la recherche et bilan documentaire. *Revue archéologique de l'Est*, 51 (2001/2002): 7-43.

Chun Y. J., Fumanal B., Laitung B. et Bretagnolle F., 2010. Gene flow and population admixture as the primary post-invasion processes in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) populations in France. *New Phytologist*, 185 (4): 1100-1107.

Civette I., 2008. L'ancienne décharge de la tourbière de Champgazon. *L'écho des tourbières*, 15: 5-7.

Collectif, 1997. *Parc naturel régional. Morvan*. Paris : Gallimard, 192 p. (Guides Gallimard).

Collectif, 2001. *Le canal du Touron. Arleuf (58). Perspective d'une archéologie minière de la période gauloise. Rapport de stage 8-12 octobre 2001*. Université de Bourgogne. Dijon, 27 p.

Collectif, 2002. *Journal de la Bourgogne*, Paris : Larousse, 335 p.

Collectif, 2007. *Notice du Plan de Parc. 2008-2019*. PNR du Morvan. Saint-Brisson.

Collectif, 2009. *Vestiges et création architecturale sur l'Oppidum de Bibracte (Saône-et-Loire, Nièvre)*. Dijon: DRAC Bourgogne - Sevice de régional de l'Archéologie, 14 p. (Archéologie en Bourgogne ; 18).

Colombaroli D., Vannière B., Chapron E., Magny M. et Tinner W., 2008. Fire-vegetation interactions during the Mesolithic-Neolithic transition at Lago dell'Accesa, Tuscany, Italy. *Holocene*, 18 (5): 679-692.

Combier J., Gaillard C. et Moncel M.-H., 2000. L'industrie du Paléolithique inférieur de la Grotte d'Azé (Saône-et-Loire) - Azé I. 1 *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 97 (3): 349-370.

Court-Picon M., 2007. *Mise en place du paysage dans un milieu de moyenne et haute montagne du Tardiglaciaire à l'époque actuelle. Analyse du signal palynologique en Champsaur (Hautes-Alpes, France) à l'interface des dynamiques naturelles et des dynamiques sociales*. Besançon, Université de Franche-Comté, 3 vol., 732 p., thèse de doctorat.

Creighton J., Haupt P., Klenner I., Moore T. et Schönfelder M., 2006. 8.1 Site des sources de l'Yonne, commune de Glux-en-Glenne. *In* : *Rapport annuel d'activité 2006*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 192-199.

Creighton J. et Moore T., 2007. 7.2 Sondage au site des sources de l'Yonne, commune de Glux-en-Glenne. *In* : *Rapport annuel d'activité 2007*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 211-218.

Crosnier C., 1998. *La cueillette des savoirs. Les usages du végétal. Morvan-Bourgogne*. Saint-Brisson: Parc Naturel Régional du Morvan.

Crumley C. et Marquardt W. H. (éds.), 1987. *Regional dynamics. Burgundian Landscapes in Historical Perspectives*, San Diego-London: Academic Press, 630 p.

Cubizolle H., 2005. *Paléoenvironnement et turfigénèse. L'apport de l'étude des tourbières à la connaissance de l'évolution holocène des milieux montagnards du Massif Central oriental granitique. Volume 2 - dossier scientifique inédit*. Saint-Etienne, Université Jean Monnet, 750 p., HDR.

Cubizolle H., Georges V., Latour C. et Serieyssol K., 2004. Sociétés humaines pré-industrielles et hydrosystèmes palustres dans le Massif Central oriental au cours des quatres derniers millénaires : le rôle de la mise en place des aménagements hydrauliques dans le démarrage de la turfigenèse. *In* : J. Burnouf et P. Leveau (éds.), *Fleuves et marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture*. Paris : C.T.H.S., 57-69. (Archéologie et Histoire de l'Art ; 19).

Cubizolle H., Tourman A., Argant J., Porteret J., Oberlin C. et Serieyssol K., 2003. Origins of European biodiversity: palaeo-geographic signification of peat inception during the Holocene in the granitic eastern Massif Central (France). *Landscape Ecology*, 18 (3): 227-238.

Cyprien A.-L., 2002. *Chronologie de l'interaction de l'homme et du milieu dans l'espace central et aval de la Loire (Ouest de la France)*. Nantes: Groupe d'Etudes des Milieux Naturels (GEMINA), 183 p.

Cyprien A.-L., Visset L. et Carcaud N., 2004. Evolution of vegetation landscapes during the Holocene in the central and downstream Loire basin (Western France). *Vegetation History and Archaeobotany*, 13 (3): 181-196.

David F., 1993. *Evolutions de la limite supérieure des arbres dans les Alpes Françaises du nord depuis la fin des temps glaciaires*. Aix en Provence, Aix-Marseille III, 94 p., thèse, paléoécologie.

de Beaulieu J.-L., Pons A. et Reille M., 1983. Histoire de la flore et de la végétation du Massif central (France) depuis la dernière glaciation. *Cahiers de Micropaléontologie*, 3: 5-36.

de Beaulieu J.-L., Richard H., Ruffaldi P. et Clerc J., 1994. History of vegetation, climate and human action in the French Alps and the Jura over the last 15,000 years. *Dissertationes Botanicae*, 234: 253-275. (Festschrift Gerhard Lang).

Deleporte S., 1996. *Etude écologique et réhabilitation de la tourbière dans la forêt de Préperny*. Annecy, Lycée agricole de Poisy-Annecy, 28 p., rapport de stage, BTS «Gestion et protection de la nature».

Delfour J., 2009. *Histoire géologique du Morvan.http://pagesperso-orange.fr/jacques.delfour/index.html.* Consulté en septembre 2009

Delfour J., Arène J., Clozier L., Carroué J.-P., Cornet J., Delance J.-H., Feys R. et Lemière B., 1991. *Carte géologique de la France (1/50 000), feuille d'Autun (551)*.

Delor J.-P., 2002. *L'Yonne*. Paris : Académie des Belles Lettres. Fondation Maison des Sciences de l'Homme, 300 p. (Carte archéologique de la Gaule).

Demougeot E., 1985. Autun et les invasions germaniques. *In* : A. Rebourg (éd.) S*ept siècles de civilisation gallo-romaine vus d'Autun*. Autun: Société Eduenne des Lettres Sciences et Arts.

Demoule J.-P. (éd.) 2007. *La révolution néolithique en France*, Paris : La Découverte, 180 p. (Archéologies de la France).

Devevey F., Pautrat Y., Rousseau A. et Lemoine R., 2006. *L'agglomération gallo-romaine de Chevroches (Nièvre)*. Dijon: DRAC Bourgogne - Sevice de régional de l'Archéologie, 12 p. (Archéologie en Bourgogne ; 4).

Domergue C., 2008. *Les mines antiques. La production des métaux aux époques grecque et romaine*. Paris : Picard, 240 p. (Antiqua).

Dörfler W., 1990. Die Geschichte des Hanfanbaus in Mitteleuropa aufgrund palynologischer Untersuchungen und von Grossrestnachweisen. *Prähistorische Zeitschrift*, 65: 218-244.

Duchaufour P., 1976. *Atlas écologique des sols du monde* Paris : Masson.

Ducomet G. et Hesse A., 1996. Prospections géophysiques sur le Mont Beuvray. *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), *L'environnement du Mont Beuvray.* Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 179-191. (Bibracte ; 1).

Dufraisse A. et Gauthier E., 2002. Exploitation des sources salées en Franche-Comté : impact sur l'espace forestier du Néolithique à la période médiévale. *In* : O. Weller (éd.) *Achéologie du sel. Techniques et sociétés dans la Pré- et Protohistoire européenne. Actes du Colloque 12.2 du XIVe congrès de UISPP, 4 septembre 2001, Liège et de la Table Ronde du Comité des Salines de France, 18 mai 1998*, Paris. Radhen/Westf. : Marie Leidorf, 243-257. (Internationale Archäologie, ASTK ; Band 3).

Durost S., Houbrechts D. et Lambert G.-N., 2009. Dendrochronologie et technologie du bois d'oeuvre. *In* : P. Barral et H. Richard (éds.), *Fouilles de la fontaine Saint-Pierre au Mont Beuvray (1988-1992, 1996). Aménagement d'une source sur l'oppidum de Bibracte.* Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 84-108. (Bibracte ; 17).

Durost S. et Lambert G.-N., 2007. Révision dendrochronologique du Nord de la France à l'âge du Fer et au début de l'époque romaine. *In* : P. Barral, A. Daubigney, C. Dunning, G. Kaenel et M.-J. Roulière-Lambert (éds.), *L'âge du Fer dans l'arc jurassien et ses marges. Dépôts, lieux sacrés et territorialité à l'âge du Fer. Actes du XXIXe colloque de l'A.F.E.A.F., Bienne, 5-8 mai 2005*. Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté (Annales Littéraires ; 826. Série « Environnement, sociétés et archéologie » ; 11).

Enters D., Kirilova E., Lotter A. F., Lücke A., Parplies J., Jahns S., Kuhn G. et Zolitschka B., 2009. Climate change and human impact at Sacrower See (NE Germany) during the past 13,000 years: a geochemical record. *Journal of Paleolimnology*.

Evin J. et Oberlin C., 2005. La méthode de datation par le radiocarbone. *In* : J. Evin, G.-N. Lambert, L. Langouët, P. Lanos et C. Oberlin (éds.). Paris : Errance, 75-117. (Collection «Archéologiques»).

Feagri K. et Iversen J., 1989. *Textbook of Pollen Analysis*. Chichester-New York-Brisbane-Toronto-Singapore: John Wiley & Sons, 328 p.

Fédoroff E., Nouallet J.-C. et Paris L., 1999. *Flore morvandelle et milieux naturels*. Saint-Brisson: Parc naturel régional du Morvan, 96 p.

Ferdière A., Malrain F., Matterne V., Méniel P. et Nissen Jaubert A., 2006. *Histoire de l'agriculture en Gaule 500 av. J.-C. - 1000 ap. J.-C.* Paris : Errance, 224 p. (Collection des Hespérides).

Fichtl S., 2005. *La ville celtique. Les oppida de 150 av. J.-C. à 15 ap. J.-C.* Paris : Errance, 238 p.

Finsinger W., Belis C., Blockley S. P. E., Eicher U., Leuenberger M., Lotter A. F. et Ammann B., 2008. Temporal patterns in lacustrine stable isotopes as evidence for climate change during the late glacial in the Southern European Alps. *Journal of Paleolimnology*, 40 (3): 885-895.

Forel B., 2009. *La métallurgie des alliages à base de cuivre en Bourgogne et en France orientale à l'âge du Bronze. Approche paléoenvironnementale et étude du mobilier métallique*. Dijon, Université de Bourgogne, 197 p., thèse.

Forel B., Gabillot M., Monna F., Forel S., Dommergues C. H., Gerber S., Petit C., Mordant C. et Chateau C., 2009. Morphometry of Middle Bronze Age palstaves by Discrete Cosine Transform. *Journal of Archaeological Science*, 36 (3): 721-729.

Forel B., Jouffroy-Bapicot I., Monna F., Petit C., Guillaumet J.-P., Gabillot M., Mordant C. et Piningre J.-F., 2006. Les Eduens, producteurs de métal et pollueurs. *Dossiers d'Archéologie*, 316 : 28-29. (Autun, une capitale gallo-romaine).

Frei T., 1997. Pollen distribution at high elevation in Switzerland: Evidence for medium range transport. *Grana*, 36 (1): 34-38.

Fyfe R. M., de Beaulieu J. L., Binney H., Bradshaw R. H. W., Brewer S., Le Flao A., Finsinger W., Gaillard M. J., Giesecke T., Gil-Romera G., Grimm E. C., Huntley B., Kunes P., Kuhl N., Leydet M., Lotter A. F., Tarasov P. E. et Tonkov S., 2009. The European Pollen Database: past efforts and current activities. *Vegetation History and Archaeobotany*, 18 (5): 417-424.

Gabillot M., 2007. B.2.7.3 L'âge du Bronze du massif du Morvan. Etat des connaissances. *In* : R. Martineau, B. Vannière et M. Gabillot (éds.), *Territoires, environnement et pratiques agricoles au Néolithique final. Approche systémique des espaces agraires et des variations démographiques durant le III^e millénaire B.C., du Jura suisse au Centre de la France. ACI (JC 6097).* Dijon : UMR 5594 Artehis CNRS/Univ. de Bourgogne, 294-296.

Gabillot M., Forel B., Monna F., Naudin A., Losno R., Piningre J.-F., Mordant C., Dominik J. et Bruguier O., 2009. Influences atlantiques dans les productions métalliques en Bourgogne et Franche-Comté au Bronze moyen. *In* : *L'Isthme européen Rhin-Saône-Rhône dans la Protohistoire. Approche nouvelles en hommage à Jacques-Pierre Millotte. Actes du colloque de Besançon octobre 2006*.

Gaillard M.-J., 1984. *Etude palynologique de l'évolution Tardi- et Postglaciaire de la végétation du Moyen-Pays romand (Suisse)*. Vaduz : J. Cramer, 322 p. (Dissertationes Botanicae ; 77).

Gaillard M.-J., Sugita S., Bunting M. J., Dearing J. A. et Bittmann F., 2008. Human impact on terrestrial ecosystems, pollen calibration and quantitative reconstruction of past land-cover *Vegetation History and Archaeobotany*, 17: 415-418.

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*. Toulouse: GEODE - Laboratoire d'écologie terrestre - Framespa, 285 p. (Méridienne).

Galop D., 2000. Les apports de la palynologie à l'histoire rurale : la longue durée des activités agro-pastorales pyrénéennes. *Etudes rurales* (153-154): 127-138. (La très longue durée).

Galop D., Tual M., Monna F., Dominik J., Beyrie A. et Marembert F., 2001. Cinq millénaires de métallurgie en montagne basque. Les apports d'une démarche intégrée alliant palynologie et géochimie isotopique du plomb. *Sud-Ouest Européen*, 11: 3-15.

Gardner A. R. et Willis K. J., 1999. The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam: a comment on Küster. *The Holocene*, 9: 119-121.

Gaudin L., 2004. *Transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléo-paysagères*. Rennes, Université de Rennes 1, thèse de doctorat, Archéologie et archéométrie.

Gaudin L., Marguerie D. et Lanos P., 2008. Correlation between spatial distributions of pollen data, archaeological records and physical parameters from north-western France: a GIS and numerical analysis approach. *Vegetation History & Archaeobotany*, 17 (5): 585-595.

Gauthier E., 2001. *Evolution de l'impact de l'Homme sur la végétation du massif jurassien au cours des quatre derniers millénaires. Nouvelles données palynologiques*. Besançon, Université de Franche-Comté, 250 p., Thèse de doctorat, Archéologie.

Gauthier E., 2004. *Forêts et agriculteurs du Jura. Les quatre derniers millénaires*. Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté, 197 p. (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté ; 765, série «Environnement, sociétés et archéologie ; 6).

Gauthier E., 2004. Un exemple d'indices polliniques d'anthropisation anciens dans le Berry. Le cas du Marais du Grand-Chaumet (Saint-Aoustrille, Indre). *In* : H. Richard (éd.) *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques*. Besançon : Presses Universitaires Franc-Comtoises, 81-88. (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté ; 777. Série «Environnement, sociétés et archéologie» ; 7).

Gauthier E., Bichet V., Massa C., Petit C., Vannière B. et Richard H., in press. Pollen and non pollen palynomorph evidence of Medieval farming activities in south western Greenland. *Vegetation History & Archaeobotany* (Special issue).

Gauthier E. et Richard H., 2007. La forêt jurasienne au cours des deux derniers millénaires à la lumière de quelques diagrammes polliniques. *In* : J.-L. Dupouey, E. Dambrine, C. Dardignac et M. Georges-Leroy (éds.), *La mémoire des forêts. Actes du colloque «Forêt, archéologie et environnement» 14-16 décembre 2004*. Nancy : ONF-INRA-DRAC, 57-67.

Gauthier E. et Richard H., 2008. L'anthropisation du Massif jurassien : bilan des données palynologiques. *In* : M. Desmet, M. Magny et F. Mocci (éds.), *Du climat à l'Homme. Dynamique holocène de l'environnement dans le Jura et les Alpes.* Le Bourget du Lac: Laboratoire EDYTEM, 273-280. (Collection EDYTEM, Cahiers de Paléoenvironnement ; 6).

Gauthier E. et Richard H., 2009. Bronze Age at Lake Bourget (NW Alps, France): Vegetation, human impact and climatic change. *Quaternary International*, 200 (1-2): 111-119.

Gauthier E., Richard H. et Petit C., 2005. Analyses polliniques du marais de l'Abîme à Molesme (Côte-d'Or, France). *In* : C. Petit (éd.) *Occupation et gestion des plaines alluviales dans le Nord de la France de l'âge du Fer à l'époque gallo-romaine. Actes de la table-ronde de Molesme, 17-18 septembre 1999*. Besançon : Presses Universitaires de France-Comté, 41-45. (Annales littéraires ; 789. Série «Environnement, sociétés et archéologie» ; 8).

Giesecke T., Hickler T., Kunkel T., Sykes M. T. et Bradshaw R. H. W., 2007. Towards an understanding of the Holocene distribution of Fagus sylvatica L. *Journal of Biogeography*, 34 (1): 118-131.

Gobat J.-M., Aragno M. et Matthey W., 2003. *Le sol vivant. Deuxième édition revue et augmentée.* Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes (Collection Gérer l'environnement ; 14).

Goguey R., 1996. Prospection aérienne des sites archéologiques autour du Mont Beuvray. *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), *L'environnement du Mont Beuvray*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 125-131. (Bibracte ; 1).

Goudineau C. et Peyre C., 1993. *Bibracte et les Eduens. A la découverte d'un peuple gaulois*. Errance: Paris (Hauts lieux de l'histoire).

Gourault C., 1999. *Géologie des gîtes minéraux du Morvan minéralisation du socle et de la couverture mésozoïque*. Autun: Société d'Histoire Naturelle et des Amis du Muséum d'Autun (Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle et des Amis du Muséum d'Autun).

Graf M.-T. et Chmura G. L., 2006. Development of modern analogues for natural, mowed and grazed grasslands using pollen assemblages and coprophilous fungi. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141 (1-2): 139-149.

Gruel K. et Vitali D. (éds.), 1999. *L'Oppidum de Bibracte. Un bilan de onze années de recherche (1984-1995)*, Paris : CNRS, 140 p. (Gallia, 1998, 55).

Guenet P., 1983. Analyse pollinique de la tourbière de Chambedaze et recherches pollenanalytiques dans les Monts Dore et le Cézallier (Massif central, France). Thèse de doctorat de l'Université d'Aix-Marseille III, 107 p.

Guichard V., Barral P., Beck P., Bonenfant P.-P., Boyer F., Craighton J., Dhennequin L., Dominguez-Arranz A., Dufay-Flouest A., Dungworth D., Durost S., Gran-Aymerich J., Gruel K., Guillaumet J.-P., Hamm G., Haselgrove C., Jouffroy-Bapicot I., Lambert G.-N., Laszlovszky J., Lowther P., Luginbühl T., Monna F., Olmer F., Paris P., Paunier D., Petit C., Popovitch L., Richard H., Rieckhoff S., Schubert F., Szabo M., Toledo i Mur A., Urban O. H., Vitali D. et Wiethold J., 2004. Un aperçu des acquis récents des recherches sur l'*oppidum* de Bibracte (1997-2002). *Revue archéologique de l'Est*, 52: 45-90.

Guilaine J. (éd.) 2007. *Le Chalcolithique et la construction des inégalités. Tome 1. Le continent européen*, Paris : Errance, 228 p. (collection des Hespérides).

Guillaumet J.-P., 2001. Exploitations minières en pays éduen. *Bulletin de l'Association Française pour l'étude de l'Age du Fer*: 35-37.

Guillaumet J.-P., Szabo M. et Barral P., 2002. L'urbanisme à Bibracte. *In* : D. Maranski et V. Guichard (éds.), *Les âges du Fer en Nivernais, Bourbonnais et Berry oriental. Regards européens sur les âges du Fer en France. Actes du XVII^e colloque de l'AFEAF (Nevers, mai 1993)*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont-Beuvray, 277-292. (Bibracte ; 6).

Guilloré P. et Liger J.-C.. 1997. *Saint-Moré. Arcy-sur-Cure. 100 000 ans de présence humaine*. Catalogue de l'exposition. Auxerre, 17 p.

Guillot-Chêne G., 1979. *Le flottage en Morvan, du bois pour Paris*. Paris : Garnier Frères, 94 p. (Collection «Hier le quotidien»).

Guiter F., 2003. *Contribution pollen-analytique à l'histoire de la végétation au cours des derniers 100 000 ans dans la région d'Evian (Haute-Savoie, France) : implication pour la chronologie du dernier glacier du Rhône*. Aix-Marseille, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, 1 vol., 273 p., thèse de doctorat, Paléoécologie.

Guyard L., Tollard P. et Weller O., 2004. *Les fontaines-Salées, mémoires de sel. Saint-Père (Yonne)*. Dijon: DRAC Bourgogne - Sevice de régional de l'Archéologie, 10 p. (Archéologie en Bourgogne).

Haas J.-N., 1996. Neorhabdocoela oocytes - palaeoecological indicators found in pollen preparations from Holocene freshwater lake sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 91: 371-382.

Haas J.-N., 1996. *Pollen and plant macrofossil evidence of vegetation change at Wallisellen-Langachermoos (Switzerland) during the Mesolithic-Neolithic transition 8500 to 6500 years ago*. Berlin-Stuttgart: J. Cramer, 67 p. (Dissertationes Botanicae ; 267).

Hamm G., 2005. L'artisanat des alliages base cuivre à Bibracte. Exploitation des données anciennes. *In* : J.-P. Guillaumet et M. Szabo (éds.), *Etudes sur Bibracte - 1*. Glux-en-Glenne : Bibracte, 61-80. (Bibracte ; 10).

Haupt P., Klenner I., Petit C. et Schönfelder M., 2006. 8.2. Site du Quart du Bois, commune de Poil. *In* : *Rapport annuel d'activité 2006*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 200-202.

Haupt P., Klenner I. et Schonfelder M., 2007. Surveys in the surroundings of the oppidum Bibracte (Burgundy) - preliminary report. *Archaologisches Korrespondenzblatt*, 37 (3): 409-419.

Haupt P., Klenner I. et Schönfelder M., 2007. 7.1 Prospection sur le site des sources de l'Yonne, commune de Glux-en-Glenne. *In* : *Rapport annuel d'activité 2007*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 205-210.

Haupt P., Klenner I. et Schönfelder M., 2007. 7.3. Prospection sur le site du Quart du Bois, commune de Poil. *In* : *Rapport annuel d'activité 2007*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 219-221.

Heegaard E., Birks H. J. B. et Telford R. J., 2005. Relationships between calibrated ages and depth in stratigraphical sequences: an estimation procedure by mixed-effect regression. *Holocene*, 15 (4): 612-618.

Hoek W. Z. et Bos J. A. A., 2007. Early Holocene climate oscillations-causes and consequences. *Quaternary Science Reviews*, 26 (15-16): 1901-1906.

Hofstetter S., Tinner W., Valsecchi V., Carraro G. et Conedera M., 2006. Lateglacial and Holocene vegetation history in the Insubrian Southern Alps - New indications from a small-scale site. *Vegetation History and Archaeobotany*, 15 (2): 87-98.

Holzhauser H., Magny M. et Zumbühl H. J., 2005. Glacier and lake-level variations in west-central Europe over the last 3500 years. *Holocene*, 15 (6): 789-801.

Hong S., Candelone J.-P., Patterson C. C. et Boutron C. F., 1994. Greenland ice evidence of hemispheric lead pollution two millenia ago by Greek and Roman civilizations. *Science*, 265: 1841-1843.

Hong S., Candelone J.-P., Patterson C. C. et Boutron C. F., 1996. History of ancient copper smelting pollution during roman and medieval Times recorded in Greenland Ice. *Science*, 272: 246-249.

Iversen J., 1944. Viscum, Hedera and Ilex as climate indicators. *Geologiska Föreningen Förhandlingar*, 66: 463-483.

Janssen C. R., 1959. Alnus as a disturbing Factor in Pollen Diagrams. *Acta botanica Neerlandia*, 8: 55-58.

Joerin U. E., Nicolussi K., Fischer A., Stocker T. F. et Schluchter C., 2008. Holocene optimum events inferred from subglacial sediments at Tschierva Glacier, Eastern Swiss Alps. *Quaternary Science Reviews*, 27 (3-4): 337-350.

Joerin U. E., Stocker T. F. et Schluchter C., 2006. Multicentury glacier fluctuations in the Swiss Alps during the Holocene. *Holocene*, 16 (5): 697-704.

Joly C., 2006. *Histoire de la végétation dans l'espace centre-ouest atlantique : relations Sociétés/Végétation et évolution du trait de côte depuis le Mésolithique récent-final*. Nantes, Université de Nantes.

Joly C., Barille L., Barreau M., Mancheron A. et Visset L., 2007. Grain and annulus diameter as criteria for distinguishing pollen grains of cereals from wild grasses. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 146 (1-4): 221-233.

Joly C. et Visset L., 2009. Evolution of vegetation landscapes since the Late Mesolithic on the French West Atlantic coast. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 154 (1-4): 124-179.

Joly J. et Olivier L., 1972. *Vestiges et perspectives antiques en Morvan*.

Jouffroy-Bapicot I., 2004. Recherches sur les tourbières du Morvan. *In* : *Rapport annuel d'activité 2004.* Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 337-339.

Jouffroy-Bapicot I., 2007. L'impact environnemental des activités métallurgiques sur la forêt du Morvan. *In* : J.-L. Dupouey, E. Dambrine, C. Dardignac et M. Georges-Leroy (éds.), *La mémoire des forêts. Actes du colloque «Forêt, archéologie et environnement» 14-16 décembre 2004*. Nancy: ONF-INRA-DRAC, 45-55.

Jouffroy-Bapicot I. et Forel B., 2005. Résultats des dernières analyses polliniques et géochimiques et datations par le radiocarbone. *In* : *Rapport annuel d'activité 2005*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 277-282.

Jouffroy-Bapicot I., Forel B., Monna F. et Petit C., 2008. Paléométallurgie dans le Morvan : l'apport des analyses polliniques et géochimiques. *In* : H. Richard et D. Garcia (éds.), *Peuplement de l'Arc alpin. Tradition et innovation. 131ème congrès national des Sociétés historiques et scientifiques, Grenoble, 24-29 avril 2006*. Paris : CTHS, 323-334.

Jouffroy-Bapicot I., Monna F., Petit C., Gourault C. et Guillaumet J.-P., 2009. La lecture des archives naturelles. Une histoire de la métallurgie autour de Bibracte. *L'Archéologue*, 104: 40-43.

Jouffroy-Bapicot I. et Petit C., 2007. 8.4 Paléoenvironnement du Mont-Beuvray. Analyses polliniques des sources de l'Yonne et de la zone humide du « Quart du bois » à Poil. *In* : *Rapport annuel d'activité 2007*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray.

Jouffroy-Bapicot I. et Petit C., 2008. 11.4. Paléoenvironnement du Mont-Beuvray. Zone tourbeuse du Quart du Bois - Commune de Poil. *In* : Bibracte. *Rapport d'activité 2008*. Glux-en-Glenne : Bibracte, 435-451.

Jouffroy-Bapicot I., Petit C., Monna F. et Richard H., 2008. Evolution de la végétation du massif du Morvan : résultats des premières analyses polliniques et mise en évidence de l'impact des activités paléométallurgiques. *In* : V. Guichard et D. Sirugue (éds.), *La forêt morvandelle. Actualité de la recherche*. Parc Naturel Régional du Morvan 97-104. (Cahiers scientifiques du Parc ; 5. Revue scientifique Bourgogne-Nature Hors-série ; 3-2007).

Jouffroy-Bapicot I., Pulido M., Baron S., Galop D., Monna F., Lavoie M., Petit C., de Beaulieu J.-L. et Richard H., 2007. Environmental impact of early palaeometallurgy: pollen and geochemical analysis. *Vegetation History and Archaeobotany*, 16: 251-258.

Jouffroy-Bapicot I., Rius D., Petit C. et Vannière B., 2007. B.2.7.4. Applications. Paléoenvironnement. Le Morvan (Nièvre et Côte-d'Or). *In* : R. Martineau, B. Vannière et M. Gabillot (éds.), *Territoires, environnement et pratiques agricoles au Néolithique final. Approche systémique des espaces agraires et des variations démographiques durant le IIIe millénaire B.C., du Jura suisse au Centre de la France. ACI (JC 6097)* Dijon: UMR 5594 Artehis CNRS/Univ. de Bourgogne, 296-307.

Juvigné E., Milcamps V., Delibrias G. et Evin J., 1988. Ages de traits polliniques et chronozonation du Tardiglaciaire final et de l'Holocène dans le Massif Central (France). *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, 42: 33-50.

Kasprzyk M., 2005. *Les cités de Eduens et de Chalon durant l'Antiquité tardive (.v. 260-350 env.). Contribution à l'étude de l'Antiquité tardive en Gaule centrale*. Dijon, Université de Bourgogne, 3 vol., 400+annexes p., Archéologie.

Kerr T. R., Swindles G. T. et Plunkett G., 2009. Making hay while the sun shines? Socio-economic change, cereal production and climatic deterioration in Early Medieval Ireland. *Journal of Archaeological Science*, 36 (12): 2868-2874.

Knudsen K. L., Sondergaard M. K. B., Eiriksson J. et Jiang H., 2008. Holocene thermal maximum off North Iceland: Evidence from benthic and planktonic foraminifera in the 8600-5200 cal year BP time slice. *Marine Micropaleontology*, 67 (1): 120-142.

Krebs P., Conedera M., Pradella M., Torriani D., Felber M. et Tinner W., 2004. Quaternary refugia of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.): an extended palynological approach. *Vegetation History and Archaeobotany*, 13 (3): 145-160.

Küster H., 1988. *Vom werden einer Kulturlandschaft: vegetationsgeschichtliche studien am Auerberg (Südbayern)*. Weinheim: Acta humaniora, 214 p. (Quellen und Forschungen zur prähistorischen und provinzialrömischen Archäologie, Band 3).

Küster H., 1997. The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam in the oak woodlands of central Europe. *The Holocene*, 7 (2): 239-242.

Küster H., 1999. The role of farming in the postglacial expansion of beech and hornbeam: a reply to Gardner and Willis. *The Holocene*, 9: 121-122.

L'Huillier M.-C., 1992. *L'empire des mots. Orateurs gaulois et empereurs romains, 3ème et 4ème siècles*. Paris : Les Belles Lettres (Annales Littéraires de l'Université de Besançon).

Lafontaine G. et Mismac M., 1993. *Recherches sur l'Histoire du Vieux-Dun*. Dun-les-Places : Association historique du Dun-les-Places (58230), 43 p.

Lageras P., 1996. Long-term history of land-use and vegetation at Femtingagölen - a small lake in the Smaland Uplands, southern Sweden. *Vegetation History and Archaeobotany*, 5: 215-228.

Lambert G.-N. et Lavier C., 1996. Datations dendrochronologiques pour le site du Mont Beuvray. *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), *L'environnement du Mont Beuvray*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 57-68. (Bibracte).

Landry P., 1995. *Les moulins racontent le Morvan*. St-André-en-Morvan : Association Moulins du Morvan, 196 p.

Lavoie M., Pulido M., Baron S., Ploquin A., de Beaulieu J.-L., Bailly-Maître M.-C., Carignan J., Allée P., Laurent S., Mahé-le Carlier C. et Peytavin J., 2006. Le plomb argentifère ancien du Mont Lozère (Massif Central) : une approche historique géologique et paléoenvironnementale. *In* : Y. Miras et F. Surmely (éds.), *Environnement et peuplement de la moyenne montagne, du Tardiglaciaire à nos jours. Actes de la table ronde internationale de Pierrefort (Cantal) du 19 au 20 juin 2003*. Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté, 135-143. (Annales Littéraires ; 799. Série « Environnement, sociétés et archéologie » ; 9).

Le Roux G., 2005. *Fate of natural and anthropogenic particles in peat bogs*. Heidelberg, Ruprecht-Karls-Universität, 218 p., thèse.

Le Roy Ladurie E., 2004. *Histoire humaine et comparée du climat. I Canicules et Glaciers (XIII^e^-XVIII^e^ siècle)*. Paris : Fayard, 740 p.

Lemée G., 1951. L'évolution forestière postglaciaire en Haut Morvan d'après l'analyse pollinique. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 98: 220-225.

Lepetz S., Matterne V., Ruas M.-P. et Yvinec J.-H., 2002. Culture et élevage en France septentrionale de l'âge du Fer à l'An Mil. Approche carpologique et archéozoologique. *In* : A. Belmont (éd.) *Autour d'Olivier de Serre - Pratiques agricoles pensée agronomique, du Néolithique aux enjeux actuels*. Rennes : AHSR, 77-108. (Bibliothèque d'Histoire Rurale ; 6).

Leroy M., Mangin M., Laurent H., Boukezzoula M. et Raïssouni B., 2000. Mines et métallurgies en Gaule : recherches récentes. 2, La sidérurgie dans l'est de la Gaule : l'organisation spatiale de la production de l'âge du Fer au haut Moyen Age. *Gallia*, 57: 11-21.

Leroyer C., 1997. *Homme, climat, végétation au Tardi et Postglaciaire dans le Bassin parisien : Apports de l'étude palynologique des fonds de vallée*, Université de Paris I, 574 p., thèse de doctorat.

Leroyer C., 2004. L'anthropisation du Bassin parisien du VII^e^ au IV^e^ millénaire d'après les analyses polliniques de fonds de vallées : mise en évidence d'activités agro-pastorales très précoces. *In* : H. Richard (éd.) *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques*. Besançon : Presses Universitaires Franc-Comtoises, 11-27. (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté ; 777. Série «Environnement, sociétés et archéologie» ; 7).

Leroyer C., 2006. L'impact des groupes néolithiques du Bassin parisien sur le milieu végétal : évolution et approche territoriale d'après les données polliniques. *In* : P. Duhamel (éd.) *Impacts interculturels au Néolithique moyen. Du terroir au territoire : sociétés et espaces. Actes du 25e Colloque interrégional sur le Néolithique. Dijon, 20-21 octobre 2001*. Dijon : Revue Archéologique de l'Est, 131-149. (Revue Archéologique de l'Est ; 25ème supplément).

Lézine A.-M., 2008. *Le pollen - Outil d'étude de l'environnement et du climat du Quaternaire*. Paris : Vuibert/SGF, 128 p. (Interactions).

Lopez-Saez J.-A., 2005. Paleoecologia de medios humedos: el aporte de los microfosiles no polinicos. *Nuestra Tierra*, Primavera 2005: 13-15.

Lopez-Saez J.-A., Lopez-Garcia P. et Martin-Sanchez M., 2006. Palaeoecology and Holocene environmental change from a saline lake in South-West SpaIn : protohistorical and prehistorical vegetation in Cadiz Bay. *Quaternary International*, 93-94: 197-206.

Lopez-Saez J.-A., Lopez-Garcia P. et Sanchez M. M., 2001. Analisis palinologico del yacimiento arqueologico de Pocito Chico (el puerto de Santa Maria): el paisaje prehistorico y protohistorico durante el Holoceno reciente en las marismas de Cadiz. *Revista C & G*, 15 (1-2): 45-59.

Lopez-Saez J.-A. et Lopez-Merino L., 2007. Coprophilous fungi as a source of information of anthropic activities during the Prehistory in the Amblès valley (Avila, Spain): the archaeopalynological record. *Revista Espagnola de Micropaleontologia*, 38 (1-2): 49-75.

Lopez-Saez J.-A., van Geel B., Farbos-Texier S. et Diot M.-F., 1998. Remarques paléoécologiques à propos de quelques palynomorphes non-polliniques provenant de sédiments quaternaires en France. *Revue de Paléobiologie*, 17 (2): 445-459.

Lundqvist J., 1972. Nordic Sordariaceae. *Symb. Bot. Ups.*, 20 (1): 1-374.

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.

Magny M., 2008. 5. Les variations holocènes du niveau du lac de Neuchâtel enregistrées par la séquence sédimentaire de Concise, et leurs relations avec les habitats du Néolithique et de l'âge du Bronze. *In* : A. Winiger (éd.) *La station lacustre de Concise 1. Stratigraphie, datations et contexte environnemental*. Lausanne: Cahiers d'archéologie romande, 79-191. (Cahier d'archéologie romande ; 111).

Magny M., Aalsbersberg G., Bégeot C., Benoit-Ruffaldi P., Bossuet G., Disnar J.-R., Heiri O., Laggoun-Defarge F., Mazier F., Millet L., Peyron O., Vannière B. et Walter-Simonnet A.-V., 2006a. Environmental and climatic changes in the Jura mountains (eastern France) during the Last Glacial-Interglacial transition: a multi-proxy record from Lake Lautrey. *Quaternary Science Reviews*, 25 (5/6): 414-445.

Magny M. et Bégeot C., 2004. Hydrological changes in the European midlatitudes associated with freshwater outbursts from Lake Agassiz during the Younger Dryas event and the early Holocene. *Quaternary Research*, 61 (2): 181-192.

Magny M., Bossuet G., Gauthier E., Richard H., Vannière B., Billaud Y., Marguet A. et Mouthon J., 2007. Variations du climat pendant l'Age du Bronze au centre ouest de l'Europe : vers l'établissement d'une chronologie à haute résolution. *In* : H. Richard, M. Magny et C. Mordant (éds.), *Environnements et cultures à l'âge du Bronze en Europe occidentale*. Paris : Editions du CTHS, 13-28. (Documents préhistoriques ; 21).

Magny M., de Beaulieu J.-L., Drescher-Schneider R., Vannière B., Walter-Simonnet A.-V., Millet L., Bossuet G. et Peyron O., 2006. Climatic oscillations in central Italy during the Last Glacial-Holocene transition: the record from Lake Accesa. *Journal of Quaternary Science*, 21 (4): 311-320.

Magny M. et Haas J.-N., 2004. A major widespread climatic change around 5300 cal. yr BP at the time of the Alpine Iceman. *Journal of Quaternary Science*, 19 (5): 423-430.

Magny M., Leuzinger U., Bortenschlager S. et Haas J.-N., 2006b. Tripartite climate reversal in Central Europe 5600-5300 years ago. *Quaternary Research*, 65 (1): 3-19.

Magny M. et Peyron O., 2008. Variations climatiques et histoire des sociétés à l'Age du bronze au nord et au sud des Alpes. *In* : J. Guilaine (éd.) *Villes, villages, campagnes de l'Age du bronze.* Paris : Errance, 161-176. (Collection des Hespérides).

Magny M., Peyron O., Bégeot C. et Guiot J., 2005. Quantitative reconstruction of mid-Holocene climatic variations in the northern subalpine zone. A comparative case study of two sites from Lakes Morat (Swiss Plateau) and Annecy (French Pre-Alps). *Boreas*, 34 (4): 434-444. (Clim Alp').

Magny M., Vannière B., de Beaulieu J.-L., Bégeot C., Heiri O., Millet L., Peyron O. et Walter-Simonnet A.-V., 2007. Early-Holocene climatic oscillations recorded by lake-level fluctuations in west-central Europe and in central Italy. *Quaternary Science Reviews*, 26: 1951-1964.

Malrain F., Matterne V. et Méniel P., 2006. Le second Âge du Fer (La Tène). *In* : A. Ferdière, F. Malrain, V. Matterne, P. Méniel et A. Nissen Jaubert (éds.), *Histoire de l'agriculture en Gaule 500 av. J.-C. - 1000 ap. J.-C*. Paris : Errance, 11-64. (Collection des Hespérides).

Mangerud J., Andersen S. T., Berglund B. E. et Donner J. J., 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas*, 3: 109-127.

Mangin M., 1994. Arleuf (Nièvre). *In* : J.-P. Petit et M. Mangin (éds.), *Atlas des agglomération secondaires de la Gaule Belgique et des Germanies*. Paris : Errance, 49-50.

Mangin M., 2001. Morvan du Nord - Auxois. *In*. Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes, Dossier VII.

Mangin M. et Keesmann I. (éds.), 1992. *Mines et métallurgie chez les Éduens : le district sidérurgique antique et médiéval du Morvan-Auxois*, Besançon : Université de Besançon, 364 p. (Annales littéraires de l'Université de Besançon ; 456 . Série Archéologie ; 38).

Manneville O., Vergne V. et Villepoux O., 1999. *Le monde des tourbières et des marais. France, Suisse, Belgique et Luxembourg*. Lausanne-Paris : Delachaux et Niestlé, 320 p.

Mauquoy D. et van Geel B., 2007. Mire and peat macros. In: S. A. Elias (éd.) *Encyclopedia of Quaternary Sciences*. Paris : Elsevier, 2315-2336.

Marchadier P., Agou P. et Chiffaut A., 1997. *Essai de typologie d'unités végétales des tourbières du Morvan*, Life-Nature «Programme de protection des tourbières de France». Conservatoire des Sites Naturels Bourguignons. Quétigny, environ 70 p.

Marguerie D., 1991. *Evolution de la végétation sous l'impact anthropique en Armorique du Mésolithique au Moyen Age : études palynologiques et anthracologiques des sites archéologiques et des tourbières associées*. Rennes, Université de Rennes I, 1 vol., 412 p., thèse, Archéologie et archéométrie.

Marguerie D., 2009. *Interactions sociétés-milieux dans le nord-ouest de la France à l'Holocène récent : méthodologie et données archéobotaniques*. Rennes, Université de Rennes 1 sous le sceau de l'Université Européenne de Bretagne, 439 p., HDR.

Marinova E. et Atanassova J., 2006. Anthropogenic impact on vegetation and environment during the Bronze Age in the area of Lake Durankulak, NE Bulgaria: Pollen, microscopic charcoal, non-pollen palynomorphs and plant macrofossils. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141 (1-2): 165-178.

Martineau R., Vannière B. et Gabillot M. (éds.), 2007. *Territoires, environnement et pratiques agricoles au Néolithique final. Approche systémique des espaces agraires et des variations démographiques durant le III^e millénaire B.C., du Jura suisse au Centre de la France.*, Dijon: UMR 5594 Artehis CNRS/Univ. de Bourgogne (Action concertée incitative jeunes chercheurs ACI (JC 6097) 2005-2007. Fonds National de la Science).

Martinez Cortizas A., Garcia-Rodeja Gayoso E. et Weiss D., 2002. Peat bog archives of atmospheric metal deposition. *The Science of The Total Environment*, 292 (1-2): 1-5.

Martinez Cortizas A., Pontevedra-Pombal X., Munoz J. C. et Garcia-Rodeja E., 1997. Four Thousand Years of Atmospheric Pb, Cd and Zn Deposition Recorded by the Ombrotrophic Peat Bog of Penido Vello (Northwestern Spain). *Water, Air, & Soil Pollution*, 100 (3-4): 387-403.

Masson-Delmotte V., Landais A., Combourieu-Nebout N., von Grafenstein U., Jouzel J., Caillon N., Chappellaz J., Dahl-Jensen D., Johnsen S. J. et Stenni B., 2005. Rapid climate variability during warm and cold periods in polar regions and Europe. *Comptes Rendus Geoscience*, 337 (10-11): 935-946.

Mazier F., 2006. *Modélisation de la relation entre pluie pollinique actuelle, végétation et pratiques pastorales en moyenne montagne (Pyrénées et Jura). Application pour l'interprétation des données polliniques fossiles*. Besançon-Neuchâtel, Université de Franche-Comté. Université de Neuchâtel, 224 p., thèse de doctorat, Sciences de la Vie et de l'Environnement.

Mazier F., Galop D., Brun C. et Buttler A., 2006. Modern pollen assemblages from grazed vegetation in the western Pyrenees, France: a numerical tool for more precise reconstruction of past cultural landscapes. *Holocene*, 16 (1): 91-103.

Mazier F., Galop D., Gaillard M. J., Rendu C., Cugny C., Legaz A., Peyron O. et Buttler A., 2009. Multidisciplinary approach to reconstructing local pastoral activities: an example from the Pyrenean Mountains (Pays Basque). *Holocene*, 19 (2): 171-188.

Meylan F., 2000. Eléments d'urbanisme à Bibracte. Les maisons du Parc aux Chevaux. *In* : V. Guichard, S. Sievers et O. H. Urban (éds.), *Les processus d'urbanisation à l'âge du Fer. Einsenzeitliche Urbanisationsprozesse*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 197-201. (Bibracte ; 4).

Miehe G., Miehe S., Kaiser K., Reudenbach C., Behrendes L., Duo L. et Schlutz F., 2009. How old is pastoralism in Tibet? An ecological approach to the making of a Tibetan landscape. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 276 (1-4): 130-147.

Mighall T. M., 2006. Using bog archives to reconstruct paleopollution and vegetation change during the late Holocene. *In* : I. P. Martini, A. Martinez Cortizas et W. Chesworth (éds.), *Peatlands. Evolution and Records of Environmental and Climate Changes*. Paris : Elsevier, 409-429. (Developments in earth surface processes ; 9).

Mighall T. M., Abrahams P. W., Grattan J. P., Hayes D., Timberlake S. et Forsyth S., 2002. Geochemical evidence for atmospheric pollution derived from prehistoric copper mining at Copa Hill, Cwmystwyth, mid-Wales, UK. *Science of the Total Environment*, 292 (1-2): 69-80.

Mighall T. M. et Chambers F., 1993. Early mining and metal working: its impact on the environment. *Historical Metallurgy*, 27 (2): 71-83.

Mighall T. M., Grattan J. P., Timberlake S., Lees J. A. et Forsyth S., 2002a. An atmospheric pollution history for lead-zinc mining from the Ystwyth Valley, Dyfed, mid-Wales, UK as recorded by an upland blanket peat. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 2: 175-184.

Mighall T. M., Martínez Cortizas A., Biester H. et Turner S. E., 2006. Proxy climate and vegetation changes during the last five millennia in NW Iberia: Pollen and non-pollen palynomorph data from two ombrotrophic peat bogs in the North Western Iberian Peninsula. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141 (1-2): 203-223.

Mighall T. M., Timberlake S., Clark S. H. E. et Caseldine A. E., 2002b. A palaeoenvironmental investigation of sediments from the Prehistoric Mine of Copa Hill, Cwmystwyth, mid-Wales. *Journal of Archaeological Science*, 29: 1161-1188.

Miras Y., 2004. *L'analyse pollinique du plateau de Millevaches (Massif central, France) et de sites périphériques limousins et auvergnats : Approche des paléoenvironnements, des systèmes agro-pastoraux et évolution des territoires ruraux*. Besançon, Université de Franche-Comté, 299 p., Thèse de doctorat, Biologie.

Miras Y., Laggoun-Défarge F., Guenet P. et Richard H., 2004. Multi-disciplinary approach to changes in agro-pastoral activities since the Subboreal in the surroundings of the «Narse d'Espinasse» (Puit de Dôme, French Massif Central). *Vegetation History and Archaeobotany*, 13: 91-103.

Mitchell E. A. D., van der Knaap W. O., van Leeuwen J. F. N., Buttler A., Warner B. G. et Gobat J.-M., 2001. The postglacial palaeoecological history of the Praz-Robet bog (Swiss Jura) based on pollen, plant macrofossils and testate amoebae (Protozoa). *The Holocene*, 11 (1): 65-80.

Moe D., Fedele F. G., Maude A. E. et Kvamme M., 2007. Vegetational changes and human presence in the low-alpine and subalpine zone in Val Febbraro, upper Valle di Spluga (Italian central Alps), from the Neolithic to the Roman period. *Vegetation History and Archaeobotany*, 16: 431–451.

Monna F., 2001. Un héritage de plomb. *La Recherche*, 340: 50-54.

Monna F., Galop D., Carozza L., Tual M., Beyrie A., Marembert F., Chateau C., Dominik J. et Grousset F., 2004. Environmental impact of early Basque mining and smelting recorded in a high ash minerogenic peat deposit. *Science of The Total Environment*, 327 (1-3): 197-214.

Monna F., Petit C., Guillaumet J.-P., Jouffroy-Bapicot I., Blanchot C., Dominik J., Losno R., Richard H., Lévêque J. et Château C., 2004. History and environmental impact of mining activity in Celtic Aeduan territory recorded in a peat-bog (Morvan – France). *Environmental Science & Technology*, 38 (3): 665-673.

Monna F., Petit C., Guillaumet J.-P., Jouffroy-Bapicot I., Richard H., Tamas C.-G., Cauuet B., Dominik J. et Losno R., 2005. Du plomb chez les gaulois du Morvan. *UB Sciences* (1): 100-104.

Montet-White A. et Combier J., 2002. *Solutré 1968-1998*. Paris : Société préhistorique française, 281 p.

Moore P. D., Webb J. A. et Collinson M. E., 1991. *Pollen Analysis*. Oxford-London-Edinburgh-Malden-Victoria-Paris : Blackwell Science, 216 p.

Mottet G., 2008. La cartographie du Morvan : aspects historiques et géographiques. *In* : *La cartographie du Morvan*. Saint-Brisson: Parc Naturel Régional du Morvan 6-23. (Cahiers scientifiques du Parc ; 6).

Munaut A. V., 1967. *Recherches paléo-écologiques en basse et moyenne Belgique*. Louvain, 191 p. (Acta Geographica Lovaniensia ; 6).

Nakagawa T., 1998. *Etudes palynologiques dans les Alpes Françaises, Centrales et Méridionales : histoire de la végétation tardiglaciaire et holocène*. Marseille, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, Faculté des Sciences et Techniques de St Jérôme, 211 p., thèse de doctorat, Sciences.

Nelle O., 2002. Zur holozänen Vegetations- und Waldnutzungs-geschichte des Vorderen Bayerischen Waldes anhand von Pollen- und Holzkohleanalysen. *Hoppea*, 63 : 161-361.

Niaux R., 1996. Histoire et nature de l'autunois. Prospection archéologique en Morvan. *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), *L'environnement du Mont Beuvray*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 139-166. (Bibracte ; 1).

Nicolussi K., Kaufmann M., Patzelt G., van der Plicht J. et Thurner A., 2005. Holocene tree-line variability in the Kauner Valley, Central Eastern Alps, indicated by dendrochronological analysis of living trees and subfossil logs. *Vegetation History and Archaeobotany*, 14 (3): 221-234.

Nouvel P., 2002. 318 - Quarré-les-Tombes. *In* : J.-P. Delor (éd.) *L'Yonne 89/2*. Paris : Académie des Belles Lettres. Fondation Maison des Sciences de l'Homme, 546-552. (Carte archéologique de la Gaule).

Nouvel P., 2004. *Des terroirs et des hommes. Dynamique des organisations spatiales dans le Bassin de l'Yonne moyenne et leur évolution de la fin de Age du Bronze au haut Moyen Age*. Dijon, Université de Bourgogne, 2 vol., 501+annexes p., thèse de doctorat, Archéologie.

Nouvel P., 2008. 11.3. Le Mont Beuvray dans son environnement. Occupation, exploitation et anthropisation. Mise en évidence des occupations humaines aux alentours de Bibracte. *In* : *Bibracte. Rapport d'activité 2008*. Glux-en-Glenne : Bibracte, 435-451.

Olivier L., 1983. *Le Haut-Morvan romain. Voies et sites*. Dijon (4e supplément à la RAE).

Olmer F., 2003. *Les amphores de Bibracte, 2. Le commerce du vin chez les Eduens d'après les timbres d'amphores*. Glux-en-Glenne : Bibracte, 375 p. (Bibracte ; 7).

Ouguerram A., 2002. *Histoire de la vallée de l'Erdre (affluent de la Loire, Massif armoricain, France) de la fin du Tardiglaciaire aux époques actuelles*. Nantes: Groupe d'Etudes des Milieux Naturels , 121 p.

Ouguerram A. et Visset L., 2001. Histoire de la végétation et première mise en évidence d'un milieu marin pendant l'Holocène dans la vallée de l'Erdre et le val de Gesvres (Bassin versant de la Loire, Massif armoricain, France). *Quaternaire*, 12 (3): 189-199.

Ouzoulias P., Pellecuer C., Raynaud C., van Ossel P. et Garmy P. (éds.), 2001. *Les campagnes de la Gaule à la fin de l'Antiquité*, Antibes: APDCA (IVe colloque de l'Association AGER).

Pals J. P., van Geel B. et Delfos A., 1981. Paleoecological studies in Klokkeweel bog near Hoogkarspel (Noord Holland). *Review of Palaeobotany & Palynology*, 30: 371-418.

Péquignot C. et Picard G., 1983. Glux : Sources de l'Yonne *Gallia*, 41: 404.

Péquignot C., Picard G. et Pasquet A., 1996. Le sanctuaire des sources de l'Yonne, commune de Glux, Nièvre *Revue archéologique de l'Est*, 47: 20-231.

Péquignot C., Picard G. et Rolley C., 2001. *Le Morvan gaulois*. Château-Chinon: Académie du Morvan, 42 p. (Bulletin de l'Académie du Morvan ; 51).

Perrier P., 1996. La forêt au Mont Beuvray : phytosociologie. *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), *L'environnement du Mont Beuvray*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 71-84. (Bibracte ; 1).

Petit C., Guillaumet J.-P., Boisson J., Cauuet B., Jouffroy-Bapicot I., Monna F., Ollive V. et Tamas C.-G., 2003. Etude de l'environnement et de l'exploitation minière en Morvan. Palynologie, géochimie et prospections. *In* : *Rapport annuel d'activité 2003*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 248-254.

Petit C., Guillaumet J.-P., Jouffroy-Bapicot I. et Monna F., 2001. Recherches paléoenvironnementales réalisées sur le «Canal du Touron» (Arleuf, 58). *In* : *Rapport annuel d'activité 2001*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 237-243.

Petit C. et Jouffroy-Bapicot I., 2002. Tourbières du Morvan : les premiers résultats des études paléoenvironnementales. *In* : Rapport annuel d'activité 2002. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 271-274.

Petit C., Jouffroy-Bapicot I., Forel B., Monna F., Guillaumet J.-P. et Richard H., 2006. 8.4 Paléoenvironnement du Mont-Beuvray. *In* : *Rapport annuel d'activité 2006*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 213-215.

Petit C., Jouffroy-Bapicot I., Guillaumet J.-P., Monna F., Richard H. et Tamas C.-G., 2008. L'évolution de la végétation du massif du Morvan et l'impact des activités paléométallurgiques. *In* : L. Dhennequin, J.-P. Guillaumet et M. Szabo (éds.), *L'oppidum de Bibracte (Mont-Beuvray, France). Bilan de 10 années de recherches (1996-2005)*. Budapest: Akadémiai Kiado, 6-11. (Acta Archaeologica ; 59/1).

Pétrequin P., Arbogast R.-M., Bourquin-Mignot C., Duplaix A., Martineau R., Pétrequin A.-M. et Viellet A., 2002. Le mythe de la stabilité : déséquilibres et réajustements d'une communauté agricole néolithique dans le Jura français, du 32ème au 30ème siècle av. J.-C. *In* : H. Richard et A. Vignot (éds.), *Equilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20 000 ans Europe de l'Ouest*, Besançon, 18-22 septembre 2000. Besançon : Presses Universitaires Franc-Comtoises, 175-190. (Presses Universitaires Franc-Comtoises ; 831. Collection Annales Littéraires ; 730. Série «Environnement, sociétés et archéologie» ; 3).

Peyron O., Bégeot C., Brewer S., Heiri O., Magny M., Millet L., Ruffaldi P., Van Campo E. et Yu G., 2005. Late-Glacial climatic changes in Eastern France (Lake Lautrey) from pollen, lake-levels, and chironomids. *Quaternary Research*, 64 (2): 197-211.

Planchais N., 1971. *Histoire de la végétation post-würmienne des plaines du bassin de la Loire, d'après l'analyse pollinique.* Montpellier. Thèse de doctorat, de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 2 vol., 114 p.,

PNR Morvan, 2009. *Parc Naturel Régional du Morvan. Les territoires ruraux.http://www.parcdumorvan.org/fr/Territoires_ruraux*

Pons A., 1970. *Le pollen*. Paris : P.U.F., 126 p. (Que sais-je ?).

Poska A., Saarse L. et Veski S., 2004. Reflections of pre- and early-agrarian human impact in the pollen diagrams of Estonia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 209 (1-4): 37-50.

Prager A., Barthelmes A., Theuerkauf M. et Joosten H., 2006. Non-pollen palynomorphs from modern Alder carrs and their potential for interpreting microfossil data from peat. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141 (1-2): 7-31.

Prat B., 2006. *Systèmes agropastoraux et milieux périurbains en Basse Auvergne au cours des trois derniers millénaires : contribution de l'analyse palynologique à l'étude des interactions sociétés-milieux*. Clermont-Ferrand, Université Blaise Pascal, 368 p., thèse de doctorat, Géographie.

Provansal M. et Leveau P., 2006. Morphogenèse, anthropisation et changements climatiques : état du champ scientifique. *In* : P. Allée et L. Lespez (éds.), *L'érosion entre société, climat et paléoenvironnement. Table ronde en l'honneur du Professeur René Neboit-Guilhot*. Clermont-Ferrand: Presses Universitaires Blaise Pascal, 191-202. (Nature & Société ; 3).

Pulido Avila M. G., 2006. *Conséquences de l'anthropisation sur la dynamique postglaciaire de la végétation dans le sud du Massif Central, France*. Aix-Marseille, Université Paul Cézanne, 308 p., thèse de doctorat, Sciences de l'environnement. Paléoécologie.

Ramezani E., Marvie Mohadjer M. R., Knapp H.-D., Ahmadi H. et Joosten H., 2008. The late-Holocene vegetation history of the Central Caspian (Hyrcanian) forestes of northern Iran. *Holocene*, 18 (2): 307-321.

Rasmussen S. O., Andersen K. K., Svensson A. M., Steffensen J. P., Vinther B., Clausen H. B., Siggaard-Andersen M.-L., Johnsen S. J., Larsen L. B., Dahl-Jensen D., Bigler M., Röthlisberger R., Fischer H., Goto-Azuma K., Hansson M. et Ruth U., 2006. A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *Journal of Geophysical Research Letters*, 111: D06102.

Rat P., 2006. *Morvan, mémoire d'une montagne*. Précy-sous-Thil: Editions de l'Armançon, 78 p. (Morvan libre espace).

Rat P., 2008. Le relief et l'hydrographie. *In* : O. Bardet, E. Fédoroff, G. Causse et J. Moret (éds.), La flore sauvage de Bourgogne. Mèze/Paris : BIOTOPE/Muséum national d'Histoire naturelle, 23-30.

Rebourg A. (éd.) 1985. *Sept siècles de civilisation gallo-romaine vus d'Autun*, Autun: Société Eduenne des Lettres Sciences et Arts.

Rebourg A., 1994. *La Saône-et-Loire. 71/3 et 71/4*. Paris : Académie des Belles Lettres. Fondation Maison des Sciences de l'Homme, 552 p. (Carte archéologique de la Gaule).

Reille M., 1999. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Marseille: Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, 535 p.

Reille M., Pons A. et de Beaulieu J.-L., 1992. Late and postglacial vegetation, climate and human action in the french Massif Central. *Cahiers de Micropaléontologie*, 7: 93-106.

Reimer P. J., Baillie M. G. L., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Bertrand C., Blackwell P. G., Buck C. E., Burr G. S., Cutler K. B., Damon P. E., Edwards R. L., Fairbanks R. G., Friedrich M., Guilderson T. P., Hogg A. G., Hughen K. A., Kromer B., McCormac G., Manning S. W., Ramsey C. B., Reimer R. W., Remmele S., Southon J., Stuiver M., Talamo S., Taylor F., van der Plicht J. et Weyhenmeyer C. E., 2004. IntCal04 Terrestrial Radiocarbon Age Calibration, 0–26 cal kyr BP. *Radiocarbon*, 46 (3) : 1029-1059.

Renault-Miskovsky J. et Petzold M., 1989. *Spores et pollen*. Cabriès (13): La Duraulié, 360 p.

Renberg I., Bindler R. et Brännvall M.-L., 2001. Using the historical atmospheric lead-deposition record as a chronological marker in sediment deposits in Europe. *Holocene*, 11 (5): 511-516.

Renssen H., Goosse H. et Fichefet T., 2007. Simulation of Holocene cooling events in a coupled climate model. *Quaternary Science Reviews*, 26 (15-16): 2019-2029.

Renssen H., Isarin R. F. B., Jacob D., Podzun R. et Vandenberghe J., 2001. Simulation of the Younger Dryas climate in Europe using a regional climate model nested in an AGCM: preliminary results. *Global and Planetary Change*, 30 (1-2) Special Iss. SI): 41-57. (The NRP project Worshop, Haarlem (N), 22-24 février 2000).

Renssen H., Seppa H., Heiri O., Roche D. M., Goosse H. et Fichefet T., 2009. The spatial and temporal complexity of the Holocene thermal maximum. *Nature Geoscience*, 2 (6): 410-413.

Rezé C.-H., 2002. *Les aménagements du réseau hydrographique du Morvan pour le flottage du bois, du XVIe au XVIIIe siècle*. Paris, Université Paris I - Panthéon-Sorbonne, 2 vol., 5+volume cartes, figures et annexes p., Archéologie.

Richard H., 1983. *Nouvelles contributions à l'histoire de la végétation franc-comtoise tardiglaciaire et holocène à partir des données de la palynologie*. Besançon, Université de Franche-Comté, 155 p., Thèse, Protohistoire et Histoire des Sociétés Antiques.

Richard H., 1995. Analyse de l'anthropisation du milieu à partir de quelques exemples de variations de pollens d'arbres et d'arbustes. *In* : *L'homme et la dégradation de l'environnement. XVème Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*. Sophia Antipolis: APDCA, 143-159.

Richard H., 1996. Analyses palynologiques sur le site et aux alentours. *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), L'environnement du Mont Beuvray. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 89-98. (Bibracte ; 1).

Richard H., 1996. Nouvelles données polliniques en Bresse : le marais de La Peupleraie à Le Miroir (Saône-et-Loire, France). *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série IIa. Sciences de la Terre et des Planètes*, 323: 531-538.

Richard H., 1999. La palynologie. *In* : *La botanique*. Paris : Errance, 9-42. (Collection «Archéologiques»).

Richard H., 2000. L'introduction de l'agriculture sur la montagne jurassienne. Plus d'un millénaire de succès et d'échecs apparents. *Etudes rurales*, 153-154: 115-125. (La très longue durée).

Richard H. (éd.) 2004. *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques*, Besançon : Presses Universitaires Franc-Comtoises, 219 p. (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté ; 777. Série «Environnement, sociétés et archéologie» ; 7).

Richard H., 2005. Palynologie et archéologie : le possible, le peut-être et l'impossible. *In* : C. Petit (éd.) *Occupation et gestion des plaines alluviales dans le Nord de la France de l'âge du Fer à l'époque gallo-romaine. Actes de la table-ronde de Molesme, 17-18 septembre 1999*. Besançon : Presses Universitaires de France-Comté, 15-19. (Annales littéraires ; 789. Série «Environnement, sociétés et archéologie»).

Richard H., Bégeot C., Gauthier E. et Ruffaldi P., 2000. Evolution du couvert végétal du Tardiglaciaire et du début de l'Holocène sur la chaîne jurassienne. *In* : C. Cupillard et A. Richard (éds.), *Les derniers chasseurs-cueilleurs d'Europe occidentale (13 000 - 5 500 av. J.-C.)*. Actes du Colloque international de Besançon (Doubs, France) 23-25 octobre 1998. Besançon : Presses Universitaires Franc-Comtoises, 29-36. (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté ; 699. Série «Environnement, sociétés et archéologie»).

Richard H. et Eschenlohr L., 1998. Essai de corrélation entre les données polliniques et les données archéologiques : Le cas des forêts de Lajoux dans les Franches-Montagnes (Lajoux, Ju, Suisse). *Revue d'Archéométrie*, 22: 29-37.

Richard H. et Gauthier E., 2007. Bilan des données polliniques concernant l'âge du Bronze dans le Jura et le nord des Alpes. *In* : H. Richard, M. Magny et C. Mordant (éds.), *Environnements et cultures à l'Age du Bronze en Europe occidentale*. Paris : CTHS, 71-87. (Documents préhistoriques ; 21).

Richard H. et Ruffaldi P., 2004. Premières traces polliniques d'influence de l'Homme sur le couvert végétal de l'Est de la France. *In* : H. Richard (éd.) *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques*. Besançon : Presses Universitaires Franc-Comtoises, 117-125. (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté ; 777. Série «Environnement, sociétés et archéologie»).

Richardson M. J., 2001. Diversity and occurence of coprophilous fungi. *Mycological Research*, 105 (4) : 387-402.

Richer S., 2009. *From pollen to people: the interaction between peaple and their environment in the mid- to high- altitudes of the southern French Alps. Du pollen à l'Homme : interaction homme/environnement en moyenne et haute montagne dans les Alpes méridionales françaises*. York (UK), Aix-Marseille (F), University of York, Université Paul Cézanne Aix-Marseille, 2 vol., Archéologie.

Riera S., López-Sáez J. A. et Julià R., 2006. Lake responses to historical land use changes in northern SpaIn : The contribution of non-pollen palynomorphs in a multiproxy study. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141 (1-2): 127-137.

Rius D., Vannière B. et Didier J., 2007. A.2.5. Méthodologie. Analyses paléoenvironnementales. Signal incendie. *In* : R. Martineau, B. Vannière et M. Gabillot (éds.), *Territoires, environnement et pratiques agricoles au Néolithique final. Approche systémique des espaces agraires et des variations démographiques durant le III^e millénaire B.C., du Jura suisse au Centre de la France. ACI (JC 6097)*. Dijon : UMR 5594 Artehis CNRS/Univ. de Bourgogne, 54.

Robbe G., 1993. *Les groupements végétaux du Morvan*. Autun: Société d'Histoire Naturelle et du Muséum d'Autun, 159 p.

Rolley C. (éd.) 2004. *Le Morvan gallo-romain*, Château-Chinon: Académie du Morvan, 59 p. (Bulletin de l'Académie du Morvan ; 59).

Rösch M., 1992. Human impact as registered in the pollen record: some résults froma the western Lake Constance region, southern Germany. *Vegetation History and Archaeobotany*, 1 (2): 101-109.

Rösch M., 1996. New approaches to prehistoric land-use reconstruction in south-western Germany. *Vegetation History and Archaeobotany*, 5: 65-79.

Rösch M., 1998. The history of crops and crop weeds in south-western Germany from the Neolithic period to modern times, as shown by archaeobotanical evidence. *Vegetation History and Archaeobotany*, 7: 109-125.

Rosman K. J. R., Chisoholm W., Hong S., Candelone J.-P. et Boutron C. F., 1997. Lead from Carthaginian and roman Spanish mines isotopically identified in Greenland ice dated from 600 BC to 300 AD. *Environmental Science & Technology*, 31: 3413-3416.

Routhier P., 1999. *Voyage au monde du métal. Invention et aventures*. Paris : Belin (Regards sur la science).

Ruffaldi P., 1991. Première contribution à l'étude de la végétation tardiglaciaire et holocène du Bugey : l'exemple de la tourbière de Cerin (Ain, France). *Revue de Paléobiologie*, 10 (1): 137-149.

Ruffaldi P., 1993. *Histoire de la végétation du Jura méridional depuis le retrait du glacier würmien à partir des analyses palynologiques du lac de Cerin (Ain, France)*. Université de Franche-Comté, Besançon, 254 p., thèse de doctorat.

Ruffaldi P., Ritz F., Richard H., Dambrine E. et Dupouey J.-L., 2007. Analyse pollinique de la mardelle d'Assenoncourt (Moselle, France) : impact des pratiques agricoles sur la biodiversité végétale en milieu forestier. *In* : J.-L. Dupouey, E. Dambrine, C. Dardignac et M. Georges-Leroy (éds.), *La mémoire des forêts. Actes du colloque «Forêt, archéologie et environnement» 14-16 décembre 2004*. Nancy : ONF-INRA-DRAC, 69-77.

Saarse L., Niinemets E., Poska A. et Veski S., 2010. Is there a relationship between corp farming and the Alnus decline in the eastern Baltic region? *Vegetation History & Archaeobotany*, 19: 17-28.

Sarmaja-Korjonen K., 2003. Contemporaneous *Alnus* decline and the beginning of Iron Age cultivation in pollen stratigraphies from southern Finland. *Vegetation History and Archaeobotany*, 12 (1): 49-59.

Sarmaja-Korjonen K. et Seppa H., 2007. Abrupt and consistent responses of aquatic and terrestrial ecosystems to the 8200 cal. yr cold event: a lacustrine record from Lake Arapisto, Finland. *Holocene*, 17 (4): 457-467.

Schaub M., Buntgen U., Kaiser K. F., Kromer B., Talamo S., Andersen K. K. et Rasmussen S. O., 2008. Lateglacial environmental variability from Swiss tree rings. *Quaternary Science Reviews*, 27 (1-2): 29-41.

Schnitchen C., Magyari E., Tothmeresz B., Grigorszky I. et Braun M., 2003. Micropaleontological observations on a Sphagnum bog in East Carpathian region - testate amoebae (Rhizopoda : Testacea) and their potential use for reconstruction of micro- and macroclimatic changes. *Hydrobiologia*, 506 (1-3): 45-49.

Seguin C., 1988. *Un domaine rural au XIX$^{ème}$ siècle. La Boulaye (1830-1914). Commune de la Petite-Verrière. Saône-et-Loire. Etude économique, politique et sociale*. Dijon, Université de Bourgogne, 2 vol., mémoire de maîtrise.

Shotyk W., 1996. Peat bog archives of atmospheric metal depositional: geochemical evaluation of peat profiles, natural variations in metal concentrations, and metal enrichment factors. *Environmental Reviews*, 4: 149-183.

Shotyk W., 2002. The chronology of anthropogenic, atmospheric Pb deposition recorded by peat cores in three minerogenic peat deposits from Switzerland. *The Science of The Total Environment*, 292 (1-2): 19-31.

Stockhausen H. et Zolitschka B., 1999. Environmental changes since 13000 cal. BP reflected in magnetic and sedimentological properies of sediments from Lakes Holzmaar (Germany). *Quaternary Science Reviews*, 18: 913-925.

Surmely F., Miras Y., Guenet P., Nicolas V., Savignat A., Vannière B., Walter-Simonnet A.-V., Servera G. et Tzortzis S., 2009. Occupation and land-use history of a medium mountain from the Mid-Holocene: A multidisciplinary study performed in the South Cantal (French Massif Central). *Comptes Rendus Palevol*, 8 (8): 737-748.

Tamas C.-G., 2004. *Caractérisation minéralogique des mines anciennes du Morvan (2003-2004). Compte-rendu de bourse post-doctorale*. Glux-en-Glenne, Région de Bourgogne, 86 p., rapport.

Tamas C.-G. et Cauuet B., 2004. Recherches sur les exploitations minières anciennes du Morvan. *In* : *Rapport annuel d'activité 2004*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 341-356.

Tarrête J. et Joussaume R., 1998. *La fin du Néolithique dans la moitié nord de la France. (de -3500 à -2 500 ans)*. Paris : La Maison des Roches, 126 p. (Histoire de la France préhistorique).

Terhürne-Berson R., Litt T. et Cheddadi R., 2004. The spread of Abies throughout Europe since the last glacial period: combined macrofossil and pollen data. *Vegetation History and Archaeobotany*, 13 (4): 257-268.

Thévenot J.-P., 1991. *L'âge du bronze en Bourgogne : le dépôt de Blanot, Côte-d'Or*. Dijon-Montagnac: Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est, Monique Mergoil, 158 p. (Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est ; Supplément 11).

Thomas E. R., Wolff E. W., Mulvaney R., Steffensen J. P., Johnsen S. J., Arrowsmith C., White J. W. C., Vaughn B. et Popp T., 2007. The 8.2 ka event from Greenland ice cores. *Quaternary Science Reviews*, 26 (1-2): 70-81.

Thompson R. et Oldfield F., 1986. *Environmental Magnetism*. London: Allen & Unwin.

Tinner W., Conedera M., Ammann B. et Lotter A. F., 2005. Fire ecology north and south of the Alps since the last ice age. *Holocene*, 15 (8): 1214-1226.

Tinner W. et Lotter A. F., 2001. Central European vegetation response to abrupt climate change at 8.2 ka. *Geology*, 29: 551-554.

Tinner W. et Lotter A. F., 2006. Holocene expansions of *Fagus silvatica* and *Abies alba* in Central Europe: where are we after eight decades of debate? *Quaternary Science Reviews*, 25 (5-6): 526-549.

Tinner W., Lotter A. F., Ammann B., Conedera M., Hubschmid P., van Leeuwen J. F. N. et Wehrli M., 2003. Climatic change and contemporaneous land-use phases north and south of the Alps 2300 BC to 800 AD. *Quaternary Science Reviews*, 22 (14): 1447-1460.

Tinner W., Nielsen E. H. et Lotter A. F., 2007. Mesolithic agriculture in Switzerland? A critical review of the evidence. *Quaternary Science Reviews*, 26 (9-10): 1416-1431.

Tinner W., Nielsen E. H. et Lotter A. F., 2008. Evidence for Late-Mesolithic agriculture? A reply to Karl-Ernst Behre. *Quaternary Science Reviews*, 27 (13-14): 1468-1470.

Troels-Smith J., 1981. Naturwissenschaftliche Beiträge zur Pfahlbauforschung. *Archäologie der Schweiz. Archéologie suisse*, 4: 98-111.

Tweddle J. C., Edwards K. J. et Fieller N. R. J., 2005. Multivariate statistical and other approaches for the separation of cereal from wild Poaceae pollen using a large Holocene dataset. *Vegetation History and Archaeobotany*, 14 (1): 15-30.

Valsecchi V., Finsinger W., Tinner W. et Ammann B., 2008. Testing the influence of climate, human impact and fire on the Holocene population expansion of *Fagus sylvatica* in the southern Prealps (Italy). *Holocene*, 18 (4): 603-614.

van der Knaap W. O., van Leeuwen J. F. N., Fankhauser A. et Ammann B., 2000. Palynostratigraphy of the last centuries in Switzerland based on 23 lake and mire deposits: chronostratigraphic pollen markers, regional patterns, and local histories. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 108 (1-2): 85-142.

van der Knaap W. O., van Leeuwen J. F. N., Finsinger W., Gobet E., Pini R., Schweizer A., Valsecchi V. et Ammann B., 2005. Migration and population expansion of *Abies*, *Fagus*, *Picea*, and *Quercus* since 15000 years in and across the Alps, based on pollen-percentage threshold values. *Quaternary Science Reviews*, 24 (5-6): 645-680.

van der Linden M. et van Geel B., 2006. Late Holocene climate change and human impact recorded in a south Swedish ombrotrophic peat bog. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 240 (3-4): 649-667.

van Geel B., 1978. A palaeoecological study of holocene peat bog sections in Germany and The Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 25 (1): 1-120.

van Geel B., 2001. Non-pollen palynomorphs. *In* : J. P. Smol, J. B. Birks et W. M. Last (éds.), *Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3: Terrestrial, algal, and siliceous indicators.* Dorderecht: Kluwer, 99-119. (Developments in Paleoenvironmental Research).

van Geel B., Buurman J., Brinkkemper O., Schelvis J., Aptroot A., van Reenen G. et Hakbijl T., 2003. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. *Journal of Archaeological Science*, 30 (7): 873-883.

van Geel B. et Aptroot A., 2006. Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia*, 82 (3-4): 313-329.

van Geel B., Buurman J., Brinkkemper O., Schelvis J., Aptroot A., van Reenen G. et Hakbijl T., 2003. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. *Journal of Archaeological Science*, 30 (7): 873-883.

van Geel B., Bohncke S. J. P. et Dee H., 1981. A palaeoecological study of an upper Late Glacial and Holocene sequence from “De Borchert”, The Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 31: 367-448.

van Geel B., Buurman J., Brinkkemper O., Schelvis J., Aptroot A., van Reenen G. et Hakbijl T., 2003. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. *Journal of Archaeological Science*, 30 (7): 873-883.

van Geel B., Buurman J. et Waterbolk H. T., 1996. Archaeological and palaeoecological indications of an abrupt climate change in The Netherlands, and evidence for climatological teleconnections around 2650 BP. *Journal of Quaternary Science*, 11 (6): 451-460.

van Geel B., Coope G. R. et Van der Hammen T., 1989. Palaeoecology and stratigraphy of the Lateglacial type section at Usselo (The Netherlands). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 60: 25-129.

van Geel B. et Magny M., 2002. Mise en évidence d’un forçage solaire du climat à partir de données paléoécologiques et archéologiques : la transition Subboréal-Subatlantique. *In* : H. Richard et A. Vignot (éds.), *Equilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20 000 ans Europe de l’Ouest*, Besançon, 18-22 septembre 2000. Besançon : Presses Universitaires Franc-Comtoises, 107-122. (Presses Universitaires Franc-Comtoises ; 831. Collection Annales Littéraires ; 730. Série «Environnement, sociétés et archéologie» ; 3).

van Geel B., van Hallevas D. P. et Pals J. P., 1983. A Late Holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (Prov. of N-Holland, The Netherlands): palaeoecological and archaeological aspects. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 38: 269-335.

van Smeerdijk D. G., 1989. A palaeoecological and chemical study of peat profile from the Assendelver polder (The Netherlands). *Review of Palaeobotany & Palynology*, 58: 231-228.

Vannière B., Bichet V. et Stock A., 2007. A.2.2. Méthodologie. Analyses paléoenvironnementales. Géophysique. *In* : R. Martineau, B. Vannière et M. Gabillot (éds.), *Territoires, environnement et pratiques agricoles au Néolithique final. Approche systémique des espaces agraires et des variations démographiques durant le III^e millénaire B.C., du Jura suisse au Centre de la France. ACI (JC 6097)* Dijon: UMR 5594 Artehis CNRS/Univ. de Bourgogne, 51-52.

Vannière B., Bossuet G. et Gauthier E., 2000. Susceptibilité magnétique et indices polliniques, marqueurs de l'impact anthropique et de la dynamique fluviale dans la basse vallée du Doubs (Jura, France) entre le Ier et le VIIIe siècles après J.-C. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série IIa. Sciences de la Terre et des Planètes*, 331: 203-210.

Vannière B., Bossuet G., Walter-Simonnet A.-V., Gauthier E., Barral P., Petit C., Buatier M. et Daubigney A., 2003. Land use change, soil erosion and alluvial dynamic in the lower Doubs Valley over the 1st millenium AD (Neublans, Jura, France). *Journal of Archaeological Science*, 30 (10): 1283-1299.

Vannière B., Bossuet G., Walter A.-V., Ruffaldi P., Adatte T., Rossy M. et Magny M., 2004. High-resolution record of environmental changes and tephrochronological markers of the Last Glacial-Holocene transition at Lake Lautrey (Jura, France). *Journal of Quaternary Science*, 19 (8): 797-808.

Vannière B., Colombaroli D., Chapron E., Leroux A., Tinner W. et Magny M., 2008. Climate versus human-driven fire regims in Mediterranean landscapes: the Holocene record of Lago dell'Accesa (Tuscany, Italy). *Quaternary Science Reviews*, 277: 1181-1196.

Vannière B., Gauthier E. et Richard H., 2001. L'évolution paléoenvironnementale holocène. *In* : C. Batardy, O. Buchsenschutz et F. Dumasy (éds.), *Le Berry Antique - Atlas 2000.* Tours, 40-43. (Supplément à la Revue Archéologique du Centre de la France ; 21).

Vannière B. et Martineau R., 2005. Histoire des feux et pratiques agraires du Néolithique à l'âge du Fer en région Centre : implication territoriales, démographiques et environnementales. *Gallia Préhistoire*, 47: 167-186.

Vaucoulon P. et Chiffaut A., 2004. *La Bourgogne. Paysages naturels, faune et flore*. Paris : Delachaux et Niestlé, 324 p. (La bibliothèque du naturaliste).

Vergne V., 1989. *L'évolution tardiglaciaire et holocène d'un piedmont de moyenne montagne cristalline, l'Artense (Massif central, France)*. Thèse de doctorat de l'Université de Paris I-Sorbonne, 654 p. .

Veyret Y. et Plassiard C., 1996. Modelés et formation superficielles dans la région du Mont Beuvray (Nièvre. Saône et Loire). *In* : O. Buchsenschutz et H. Richard (éds.), *L'environnement du Mont Beuvray*. Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 27-35. (Bibracte ; 1).

Vigreux M., 1994. Une révolution économique pour le Morvan : le flottage du bois. *Courrier du Parc Naturel Régional du Morvan*, 25: 8-14.

Visset L., Cyprien A.-L., Carcaud N., Ouguerram A., Barbier D. et Bernard J., 2002. Les prémices d'une agriculture diversifiée à la fin du Mésolithique dans le Val de Loire (Loire armoricaine, France). *Comptes Rendus Palevol*, 1 (1): 51-58.

Visset L., Cyprien A.-L., Ouguerram A., Barbier D. et Bernard J., 2004. Les indices polliniques d'anthropisation précoce dans l'ouest de la France. Le cas de *Cerealia*, *Fagopyrum* et *Juglans*. *In* : H. Richard (éd.) *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques.* Besançon : Presses Universitaires Franc-Comtoises, 69-79. (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté ; 777. Série «Environnement, sociétés et archéologie» ; 7).

Walther G. R., Berger S. et Sykes M. T., 2005. An ecological 'footprint' of climate change. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 272 (1571): 1427-1432.

Whitlock C. et Larsen C., 2001. Charcoal as a fire proxy. *In* : J. P. Smol, J. B. Birks et W. M. Last (éds.), *Tracking environmental change using lake sediments. Volume 3: Terrestrial, algal, and siliceous indicators.* Dorderecht: Kluwer, 75-97.

Whittington G. et Gordon A. D., 1987. The differentiation of the pollen of *Cannabis sativa* L. from that of *Humulus lupulus* L. *Pollen et spores*, XXIX (1): 111-120.

Wiethold J., 1996. Late Celtic and early Roman plant remains from the oppidum of Bibracte, Mont Beuvray (Burgundy, France). *Vegetation History and Archaeobotany*, 5: 105-116.

Wiethold J., 1999. Les plantes cultivées et cueillies. *In* : K. Gruel et D. Vitali (éds.), *L'Oppidum de Bibracte. Un bilan de onze années de recherche (1984-1995)*, *Gallia*, 55. 63-65.

Wiethold J., 2000. Sieben Jahre archäobotanische Analysen im Oppidum von Bibracte. Untersuchungen zur Landwirtschaft und Nahrungsmittelversorgung in der Spätlatènezeit und in frührömischer Zeit. *In* : V. Guichard, S. Sievers et O. H. Urban (éds.), *Les processus d'urbanisation à l'âge du Fer. Einsenzeitliche Urbanisationsprozesse.* Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 203-209. (Bibracte ; 4).

Wiethold J., 2003. How to trace the «Romanisation» of central Gaule by archaeobotanical analysis? - Some considerations on new archaeobotanical results from France Centre-Est. *In* : F. Favory et A. Vignot (éds.), *Actualité de la recherche en histoire et archéologie agraires. Actes du colloque AGER V, Besançon 19-20 septembre 2000.* Besançon : Presses Universitaires Comtoises, 269-282. (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté ; 764. Série «Environnement, sociétés et archéologie»).

Wiethold J., 2009. Restes végétaux gorgés d'eau provenant d'un niveau organique de l'état 2. *In* : P. Barral et H. Richard (éds.), *Fouilles de la fontaine Saint-Pierre au Mont Beuvray (1988-1992, 1996). Aménagement d'une source sur l'oppidum de Bibracte.* Glux-en-Glenne : Centre archéologique européen du Mont Beuvray, 135-149. (Bibracte ; 17).

Willemsen J., van't Veer R. et van Geel B., 1996. Environmental change during the medieval reclamation of the raised-bog area Waterland (The Netherlands): a palaeophytosociological approach. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 94 (1-2): 75-86.

Yeloff D., Broekens P., Innes J. B. et van Geel B., 2007. Late Holocene vegetation and land-use history in Denmark: A multi-decadally resolved record from Lille Vildmose, northeast Jutland. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 146 (1-4): 182-192.

Zakin C., Thiébaut O. et Sirugue D., 2007. La forêt morvandelle. *In* : V. Guichard et D. Sirugue (éds.), *La forêt morvandelle. Actualité de la recherche.* Parc Naturel Régional du Morvan, 97-104. (Cahiers scientifiques du Parc ; 5. Revue scientifique Bourgogne-Nature Hors-série ; 3-2007).

Zohary D. et Hopf M., 2000. *Domestication of plants in the Old World. The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley*. Oxford: University Press, 316 p.

**Résumé**

Cette thèse vise à retracer l'histoire de la végétation du petit massif granitique du Morvan, en relation avec les forçages climatiques et l'impact des activités humaines. L'étude se base sur une dizaine de séquences tourbeuses sur lesquelles, en plus des grains de pollen et spores, les microfossiles non-polliniques présents dans les palynofaciès ont été analysés. Les données se sont révélées très partielles concernant les dynamiques de végétation de la période tardiglaciaire, mais ont éclairé l'histoire locale des reconquêtes forestières holocènes. Elles ont aussi permis de mettre en évidence certaines spécificités, comme la part toujours très réduite des résineux dans la forêt morvandelle avant leur introduction massive au milieu du XX$^{e}$ siècle. Afin de documenter au mieux l'histoire de l'occupation humaine à l'échelle du massif, une attention particulière a été portée à la détermination et la caractérisation des phases d'anthropisation ; ce travail a aussi bénéficié, pour certains sites, de l'apport d'autres proxies (micro-charbons, sédimentologie, géochimie isotopique pour tracer les paléopollutions atmosphériques). Ces analyses ont renouvelé l'histoire de l'occupation de cette zone de moyenne montagne, tout d'abord en révélant une présence humaine pour des périodes très mal connues, comme le Néolithique ancien (5000-4500 cal BC), le premier âge du Fer (800-450 cal BC), le haut Moyen Âge (dès les V$^{e}$-VI$^{e}$ siècles). Les données paléoécologiques ont également apporté un éclairage nouveau sur des périodes mieux documentées par les sources archéologiques et historiques. Elles ont notamment illustré le rôle attractif des ressources minières au moins dès la fin du Bronze ancien (vers 1650 cal BC), ainsi qu'à l'époque de la prospérité de l'*oppidum* éduen de Bibracte sur le Mont-Beuvray (II$^{e}$-I$^{er}$ siècles cal BC).

**Mots-clés :** analyse pollinique, microfossiles non-polliniques, paléoenvironnement, archéologie, variations climatiques, impact anthropique, paléométallurgie, agro-pastoralisme, Bourgogne, Morvan, France, Holocène

## Palaeoenvironmental history of the Morvan mountain area (Burgundy-France), from Lateglacial to present time. Climate changes and anthropogenic impacts.

**Abstract**

This PhD thesis aims at documenting the vegetation history of the granitic middle mountain of Morvan (France), in connection with climate change and human impact. The study is based on ten peat cores, on which pollen analyses were performed including non-pollen palynomorphs (NPPs). The records about vegetation dynamics are incomplete for the Lateglacial, but they well highlight the history of Holocene forest dynamics. They also reveal regional particularities, such as the low occurrence of conifers in the Morvan's forest before the 20$^{th}$ century (human introduction). To document the history of human activities at a regional scale, a particular attention has been paid to the determination and the characterisation of human impact phases. In this context, the study also benefited, for some sites, from the contribution of other proxies such as charcoals, sedimentology and isotopic geochemistry documenting atmospheric palaeopollutions. These analyses renew human history of this middle mountain area. They reveal a clear human presence during period that were formely poorly documented, such as Early Neolithic (5000-4500 cal BC), first Iron Age (800-450 cal BC), Early Middle Ages (from 5th/6th centuries). The palaeoecological data also bring new lights over periods for which there is a better archaeological and historical knowledge. For example, they illustrated the attractive role of the mining resources at least from the end of Late Bronze Age (ca. 1650 cal BC), and especially at the time of the Eduean *oppidum* of Bibracte on the Mont-Beuvray (2$^{nd}$ and 1$^{st}$ century cal BC).

**Key-words :** pollen analysis, non-pollen palynomorphs, palaeoenvironment, human activities, archaeology, climate changes, palaeometallurgy, agriculture, husbandry, Burgundy, France, Morvan, Holocene

**Thèse préparée au Laboratoire Chrono-environnement, UMR 6249 CNRS/Université de Franche-Comté**

**UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ**

**ÉCOLE DOCTORALE «LANGAGES, ESPACES, TEMPS, SOCIÉTÉS»**

Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur en

**ARCHÉOLOGIE, TERRITOIRE ET ENVIRONNEMENT**

# ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION DU MASSIF DU MORVAN (BOURGOGNE - FRANCE) DEPUIS LA DERNIÈRE GLACIATION À PARTIR DE L'ANALYSE POLLINIQUE. VARIATIONS CLIMATIQUES ET IMPACT DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES.

Vol. 2 Annexes

Présentée et soutenue publiquement par

**Isabelle JOUFFROY-BAPICOT**

Le 30 juin 2010

Sous la direction de Hervé Richard et Émilie Gauthier

Membres du Jury :

Philippe ALLÉE, Professeur à l'université de Limoges, Rapporteur
Olivier BUCHSENSCHUTZ, Directeur de recherche au CNRS, ENS Paris
Émilie GAUTHIER, Maître de conférence à l'université de Franche-Comté
Jean-Nicolas HAAS, Professeur à l'université d'Innsbruck, Rapporteur
Dominique MARGUERIE, Directeur de recherche au CNRS, UMR 6566, Rennes
Christophe PETIT, Maître de conférence HDR à l'université de Bourgogne
Hervé RICHARD, Directeur de recherche au CNRS, UMR 6249, Besançon

# ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION DU MASSIF DU MORVAN (BOURGOGNE - FRANCE) DEPUIS LA DERNIÈRE GLACIATION À PARTIR DE L'ANALYSE POLLINIQUE. VARIATIONS CLIMATIQUES ET IMPACT DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES.

## Vol. 2 Annexes

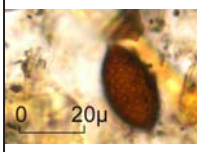
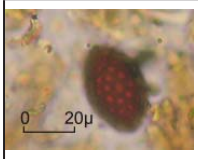
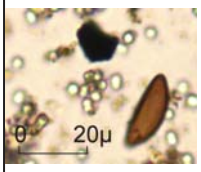
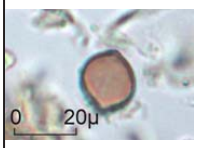
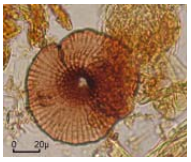
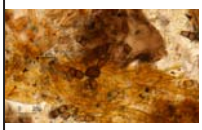
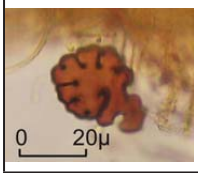
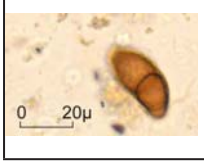
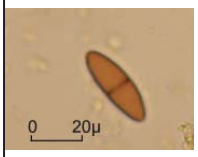
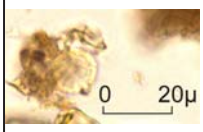
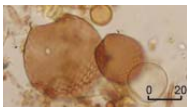
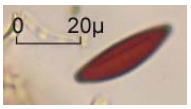
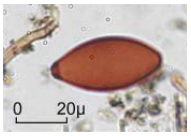
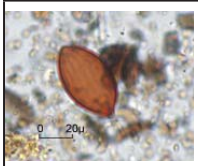
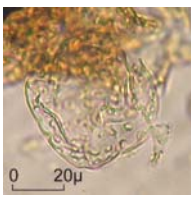
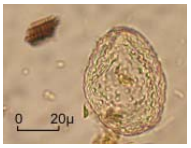
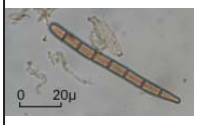
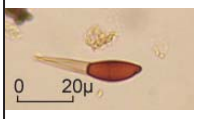
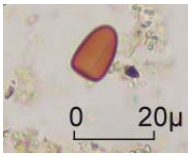
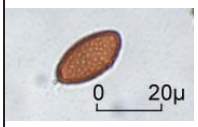
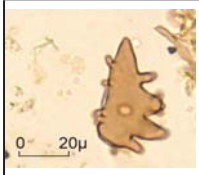
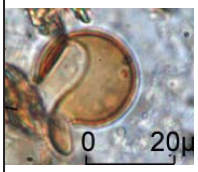
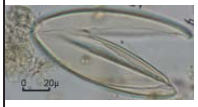
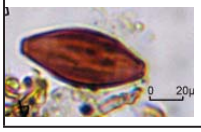
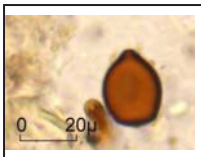
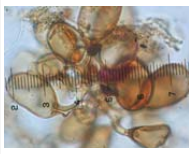
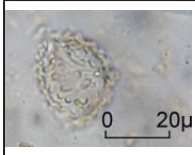
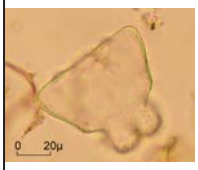
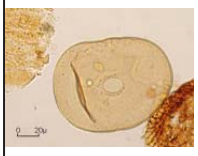
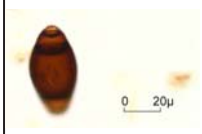
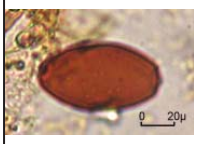
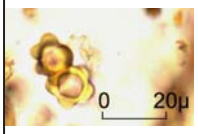
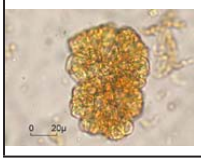
| Photographie | Code | Nom | Type | Identification / Ecologie |
|---|---|---|---|---|
|  | T1 | *Gelinaspora* sp. | ascospore | Les champignons du genre *Gelinaspora* sont fimicoles, carbonicoles et lignicoles (Lundqvist 1972). lls affectionnent les horizons secs et atteignent leurs plus fortes concentrations dans les niveaux à micro-charbons (van Geel *et al.* 1981, van Geel et Aptroot 2006, Yeloff *et al.* 2007). |
|  | T2 | *Gelinaspora* cf. *reticulispora* | ascospore | Champignon dont la présence est généralement parallèle à celle du type précedent ; même écologie (van Geel *et al.* 1981, van Geel et Aptroot 2006). |
|  * | T3B | *Pleospora* sp. | ascospore | Regroupe plusieurs espèces du même genre, toutes saprophytes, retrouvées principalement sur des débris végétaux. Dans les enregistrements holocènes, on les trouve dans des horizons de tourbe formés en contexte ombrogène et plutôt sec (van Geel et Aptroot 2006). Type qui a aussi été observé sur des débris végétaux dans les bouses de mammouth (Aptroot et van Geel 2006, Yeloff *et al.* 2007). |
|  | T4 | *Anthostomella fuegiana* | ascospore | Champignon parasite d'*Eriophorum vaginatum* (van Geel 1978). |
|  | T6 | *Coniochaeta xyloriispora* | ascospore | Champignon observé dans différents niveaux tourbières bombées holocènes (Aptroot et van Geel 2006) ; en relation avec des niveaux des épisodes de feu dans Yeloff *et al.* (2007). |
|  | T7A | *Chaetomium* sp. | ascospore | Champignon saprophyte, lié à la décomposition de la cellulose ; il peut être lié à toute sorte de plantes en décomposition ou d'excréments. Il est présent en contexte archéologique : supports possibles, paille humide, cuir, excréments… (van Geel 2003, van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T8B | *Microthyrium* sp. | fructification | Différents types de fructifications qui poussent sur les plantes du lieu de dépôt (van Geel 1978). |
|  | T10 | Non identifié | conidie | Spore assurant la reproduction asexuée d'un champignon poussant sur les racines de *Calluna vulgaris*. Indicateur d'assèchement local de la tourbière (van Geel 1978, Yeloff *et al.* 2007). |
|  | T13 | *Entophyctis lobata* | sporange | Champignon dont la présence est restreinte à la partie ombrotrophe des tourbières. Sa présence atteint son maximum dans la tourbe humide à *Sheuchzeria palustris* (van Geel 1978). |
|  | T16 | *Byssothecium circinans* Fuckel | ascospore | Champignon parasite du bois. Dans les tourbières holocènes, on le trouve plutôt dans des conditions méso- à oligotrophes ; correspond à des phases plutôt humides (van Geel et Aptroot 2006), avec un niveau de nappe assez élevé (Yeloff *et al.* 2007). |

**Fig. A.1.** Catalogue des principaux microfossiles non-polliniques (MNP) identifiés au cours de l'analyse des séquences tourbeuses du Morvan

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  | T18 | Non identifié | ascospore | Champignon non-identifié, poussant sur les racines d'*Eriophorum vaginatum* (Mauquoy et van Geel 2007), inféodé à la présence de la plante. Il semble relativement ubiquiste par rapport aux conditions hydrologiques sur des séquences du nord de l'Europe (Yeloff *et al.* 2007), alors qu'il s'avère être un marqueur de conditions climatiques plutôt humides dans le nord de l'Espagne (Mighall *et al.* 2006). |
|  | T27 | *Tilletia sphagni* Naw. | spore globose | Champignon strictement lié à la présence de *Sphagnum* (van Geel 1978) ; plutôt dans des phases de transition de conditions sèches vers des conditions plus humides (Yeloff *et al.* 2007). |
|  | T28 | *Copepoda* | spermato-phore | Petit crustacé qui suggère la présence (temporaire) d'eau libre, milieu ouvert, (van Geel 1978) ; mis en relation avec *Sphagnum* dans des tourbières du nord de l'Espagne (Mighall *et al.* 2006). |
|  | T30 | *Helicoon pluriseptatum* | conidie | Champignon f. Dans des niveaux récents, semble liés aux plantations contemporaines de Picea et Pinus en Angleterre et aux Pays-Bas (Yeloff et al. 2007). |
|  | T31A | *Amphitrema flavum* | thèque | Amibe à thèque (Rhizopode) qui a plutôt des affinités oligotrophes et indique une forte humidité du milieu de dépôt (Beyens 2001, Mitchell *et al.* 2001, Tolonen 1986, van Geel 1978 et Shnitchen *et al.* 2003). |
|  | T32A | *Assulina muscorum* (30-58 µ) | thèque | Amibe à thèque observée dans les tourbes à sphaigne (Beyens, 2001 ; Mitchell *et al.* 2001 ; Tolonen 1986 ; van Geel 1978). Plutôt associée à des phases plus sèches de formation des tourbières (Shnitchen *et al.* 2003). |
| | T32B | *Assulina seminulum* (60-90 µ) | thèque | Amibe à thèque observée dans les tourbes à sphaigne, semble restreinte à la partie ombrotrophe (Beyens 2001, Mitchell *et al.* 2001). |
|  | T37 | ***Callidina angusticollis* (van Geel)** *Habrotrocha angusticollis* (Mitchell) | env. de rotifère | Occurrences régulières dans les tourbières bombées holocènes. Pas d'écologie précisément déterminée en l'état actuel de la recherche (Mauquoy et van Geel 2007). |
|  | T44 | *Ustulina deusta* | ascospore | Parasite du bois, se rencontre sur les souches pourries, les vieux troncs morts ou les racines de la majorité des feuillus des forêts européennes. Dispersion peu lointaine, indique la proximité des arbres hôtes (van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T55A | *Sordaria* sp. | spore | Groupe de champignons de la famille des Sordariales, principalement coprophiles ; fréquents en association avec d'autres coprophiles dans les sédiments archéologiques (van Geel *et al.* 2003). |
|  | T55C | *Neurospora crassa* | ascospore | Champignon carbonicole, indicateur de feu local ; mais n'est pas forcément présent dans tous les niveaux d'incendie (van Geel 2001, van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T61 | *Mougeotia* sp. | zygospore | Algues vertes filamenteuses de la famille des Zygnematacées, se trouvent dans l'eau douce, riche en oxygène, zone stagnante, fonds de lacs, étangs, petites étendues d'eau et sols humides (van Geel 2001). Nécessite la présence d'eau au printemps (Lopez-Saez *et al.* 1998). Certaines espèces pourraient tolérer des conditions mésotrophes d'après diverses études réalisées dans le sud de la France (Lopez-Saez *et al.* 1998). |

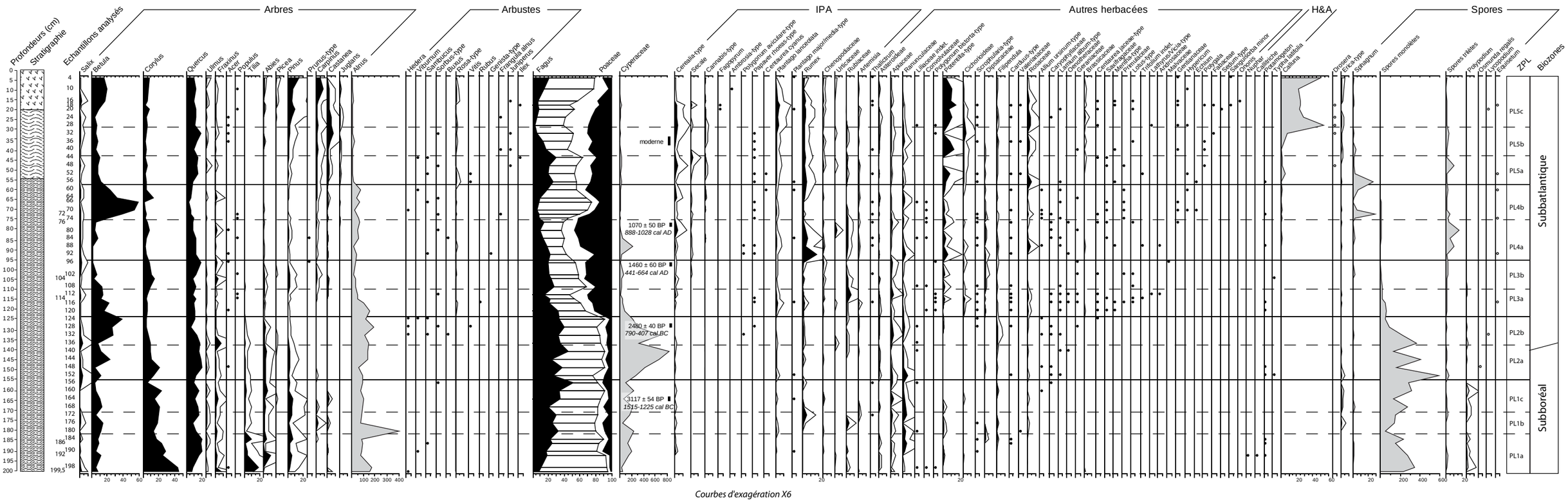
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  | T62 | *Zygnema-type* | zygospore | Algues vertes filamenteuses de la famille des Zygnemataceae, se trouvent dans l'eau douce, riche en oxygène, zone stagnante, fonds de lacs, étangs, petites étendues d'eau et sols humides (van Geel 2001). La production des zygospores nécessite la présence d'eau au printemps (Lopez-Saez *et al.* 1998). Semble tolérer des conditions mésotrophes d'après diverses études réalisées dans le sud de la France (Lopez-Saez *et al.* 1998). |
| | T65 | Inconnu | spore | Champignon que l'on trouve plutôt dans des conditions mésotrophes (van Geel et col. 1998) |
|  | T77A | *Geoglossum sphagnophilum* | ascospore | Champignon sphagnicole, dans les enregistrements holocènes des Pays Bas (van Geel 1978 et van Geel *et al.* 1981) il est présent lors de phases de formation initiale, humides et mésotrophe (van Geel 2002, van Geel et Aptroot 2006). |
| | T85 | *Didymosphaeria massarioides* | ascospore | Présent dans les enregistrements holocènes de tourbières en contexte ombrogène ; toujours en petit nombre (van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T112 | *Cercophora* sp. | spore | Genre d'ascomycète de la famille des Sordariales, principalement coprophile mais peut aussi être trouvé sur du bois pourri, des tiges ou feuilles (van Geel 2003 ; van Geel et Aptroot 2006). Des études en contexte archéologique et naturel confirme son caractère coprophile (Buurman *et al.* 1995, van Geel *et al.* 1981, 1983, 2003…) |
|  | T113 | *Sporormiella sp.* | ascospore | Ascomycète coprophile. De nombreuses études en contexte naturel ont montré sa valeur comme indicateur de la présence de déjections animales (en partie citées dans van Geel et Aptroot 2006). |
| | T123 | Inconnu | spore | Spore de champignon qui semble sensible aux variations hygrométriques, préfère les conditions eutrophes à mésotrophes (van Geel et col. 1998). |
|  | T124 | cf. *Persiciospora* | spore | Champignon communément présent dans les tourbières mésotrophes (van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T126 | *Clasterosporium caricinum* | mycellium | Parasite de *Carex* (Pals *et al.* 1980 ; van Geel *et al.* 1983). Permet d'identifier la présence locale de *Carex* dans la zone étudiée (van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T128 | *Volvocaceae* | globose | Famille d'algues vertes unicellulaires, indique la présence d'eau douce, peu profonde et eutrophe (van Geel 1980, 1983). |
|  | T130 | *Spirogyra* sp. | zygospore | Algue verte de la famille des Zygnemataceae, se trouvent en eaux douces et stagnantes (van Geel 2001) ; développement en conditions eutrophes (Lopez-Saez *et al.* 1998). T130 est psilé, le T315 ornementé, n'a pas été observé. |
|  | T140 | *Valsaria variospora*-type | ascospore | Champignon présent en milieu humide et eutrophe dans les assemblages fossiles (van Geel 2003, van Geel et Aptroot 2006). Marqueur d'eutrophisation du milieu en relation avec le pastoralisme (Miehe *et al.* 2009 ; Ramezani *et al.* 2008). |
|  | T143 | *Diporotheca rhizophila* | ascospore | Champignon parasite, peut-être de *Thelypteris,* et/ou de *Solanum* sp. (van Geel 2003 ; van Geel et Aptroot 2006). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  | T169 | *Tripterospora*-type | ascospore | Genre de la famille des Sordariales ; coprophile, observé dans les sédiments archéologiques (van Geel *et al.* 2003) |
|  | T171 | *Rhytidospora* cf. *tetraspora* | ascospore | Champignons dont toutes les espèces du genre sont coprophiles (van Geel et Aptroot 2006). |
| | T172 | *Coniochaeta ligniaria* | ascospore | Ascomycète coprophile et lignicole ; présent dans des sédiments archéologiques d'époque romaine, où la présence de bétail est attestée (van Geel et Aptroot 2006). |
| | T179 | Non identifié | microfossile | Microfossile vasiforme, probablement reste d'un organisme aquatique invertébré. Indique la présence d'eau stagnante peu profonde. (van Geel *et al.* 1981). |
|  | T181 | Non identifié | microfossile | Microfossile d'origine inconnue, globose ; il semble préférer les conditions eutrophes et il est souvent associé aux Zygnematacées (van Geel *et al.* 1981, *van Geel et al.* 1983, Lopez-Saez et al. 1998) |
|  | T200 | Non identifié | fungal cell | Provient d'un champignon qui se développe sur des substrats secs, en surface, sur des restes végétaux secs (van Geel *et al.* 1989). |
|  ** | T207 | *Glomus* cf.*fasciculatum* | chlamydo-spores | Spores d'endomycorhize (champignons en symbiose avec les racines de différents végétaux) ; il est donc localisé dans la partie supérieure des sols. Sa présence dans les enregistrements paléoécologiques en lacs et tourbières indiquent des apports érosifs provenant des sols environnants (van Geel 2003). |
|  | T225 | Non identifié | globose | Probablement spore d'organisme aquatique (algue ?).<br>Se développe dans de petites étendues d'eau temporaires, dans des conditions eutrophes à mésotrophes (van Geel *et al.* 1989). |
|  | T332 | *Euastrum* sp. | demi-cellule | Algue verte de la famille des Desmidées (van Geel *et al.* 1989). |
| | T340 | Non identifié | spore mousse | Spore de bryophyte indéterminée (van Geel *et al.* 1989). |
|  | T352 | *Arcella* sp. | thèque | Amibe à thèque ; genre principalement hygrophile (Beyens, 2001 ; Mitchell *et al.* 2001 ; Tolonen 1986) ; se rencontre plutôt dans des stades oligotrophes (Lopez-Saez 1998). |
|  | T353 AetB | *Neorhabdocoela* | oocyte | Microorganismes d'eau douce de la famille des Neorhabdocoela (classe des Turbellaria), milieux aquatiques et semi aquatiques (van Geel *et al.* 1981). Ses caractéristiques paléoécologiques ont surtout été étudiées en contexte lacustre (Haas 1996). |
|  * | T357 | *Puccinia* sp. | teleuto-spores | Champignon parasite, « rouille » (van Geel *et al.* 1981) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  | T359 | Non identifié | spore | Groupe de spores de champignons parasites, dont *Brachysporium* sp. et *Bactrodesmium* sp. (van Geel *et al.* 1981) |
|  | T360 | Cf. *Brachysporium* sp. | spore | cf. *Brachysporium* (van Geel et col. 1998). Champignon saprophyte lignophage (Kiffer et Morelet 1997, van Geel *et al.* 1981). |
|  | T368 | *Podospora* | ascospore | Genre d'ascomycète de la famille des Sordariales, coprophile (van Geel 2003 ; van Geel et Aptroot 2006). Commun sur les sites archéologiques (Buurman *et al.* 1995, van Geel *et al.* 1981, 1983, 2003), dans les excréments de mammouth (Aptroot et van Geel 2006), en tourbière, lié à des indices polliniques de pâturage (Almeida-Lenero *et al.* 2005). |
| | T492 | Non identifié | globose | Microfossile le plus souvent observé dans la tourbe très décomposée (van Smeerdijk 1989). |
| | T494 | Non identifié | spore | Spore de champignon qui semble associée aux touradons de molinie (van Smeerdijk 1989). |
|  | T496 | Non identifié | spore | Spore de champignon qui semble associée aux touradons de molinie (van Smeerdijk 1989). |
|  | T766 | *Botryoccocus* | zygospore | Algue coloniale (van Geel 2001) |

Sauf mention contraire les clichés sont de l'auteur

* Photo. A. Laine - Lab. Chrono-environnmement
** Photo. E. Gauthier - Lab. Chrono-environnmement




*Courbes d'exagération X6*

Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe brune fibreuse
- Tourbe brune homogène

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Alnus*, les Cyperaceae, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

**Fig. A.2.** Tourbière du Port-des-Lamberts - Diagramme complet : pollen et spores

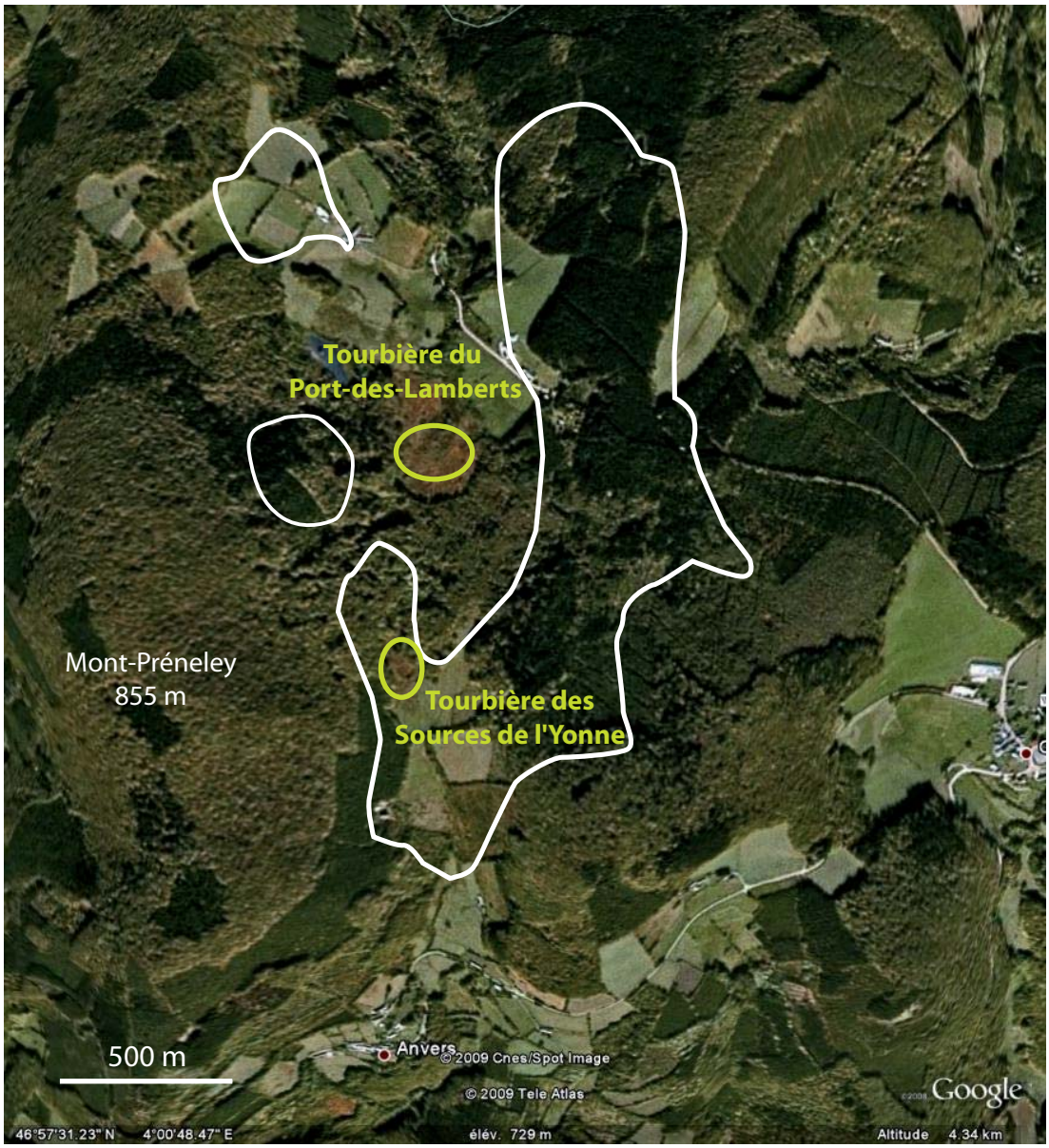
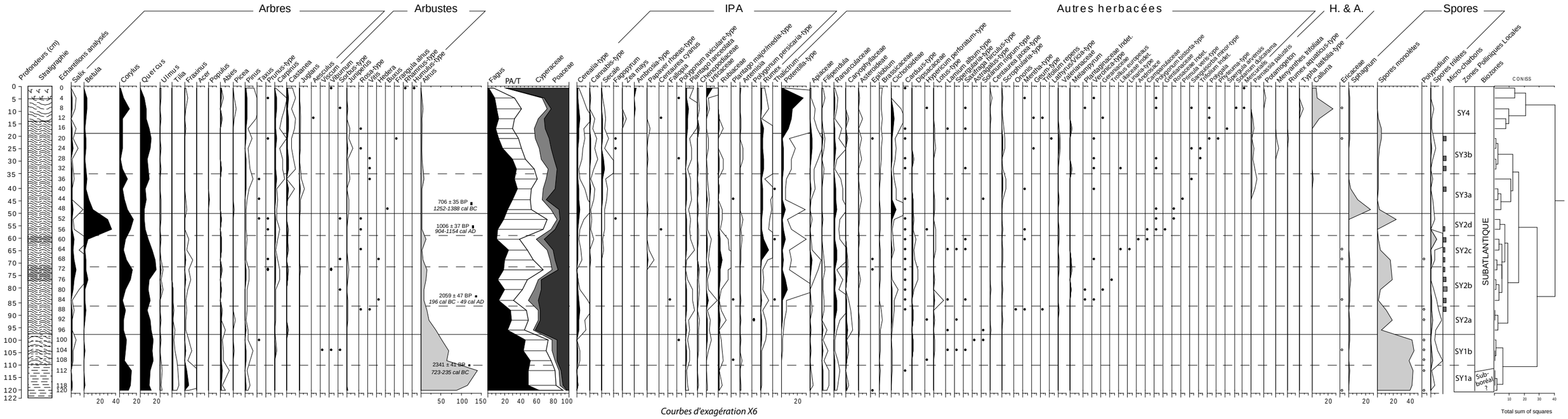



**Fig. A.3.** Localisation des tourbières des Sources de l'Yonne et du Port-des-Lambert dans le haut Morvan montagnard - Trait blanc : limites de l'emprise spatiale de l'agglomération de la fin du dernier siècle de notre ère, d'après les prospections archéologiques




Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe fibreuse peu décomposée
- Tourbe brune homogène
- Tourbe argileuse
- Argile grise
- Passée noirâtre

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative des micro-charbons sur lame pollinique : présents, abondants, très abondants

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Alnus*, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, et les spores

**Fig. A.4.** Tourbière des Sources de l'Yonne - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*

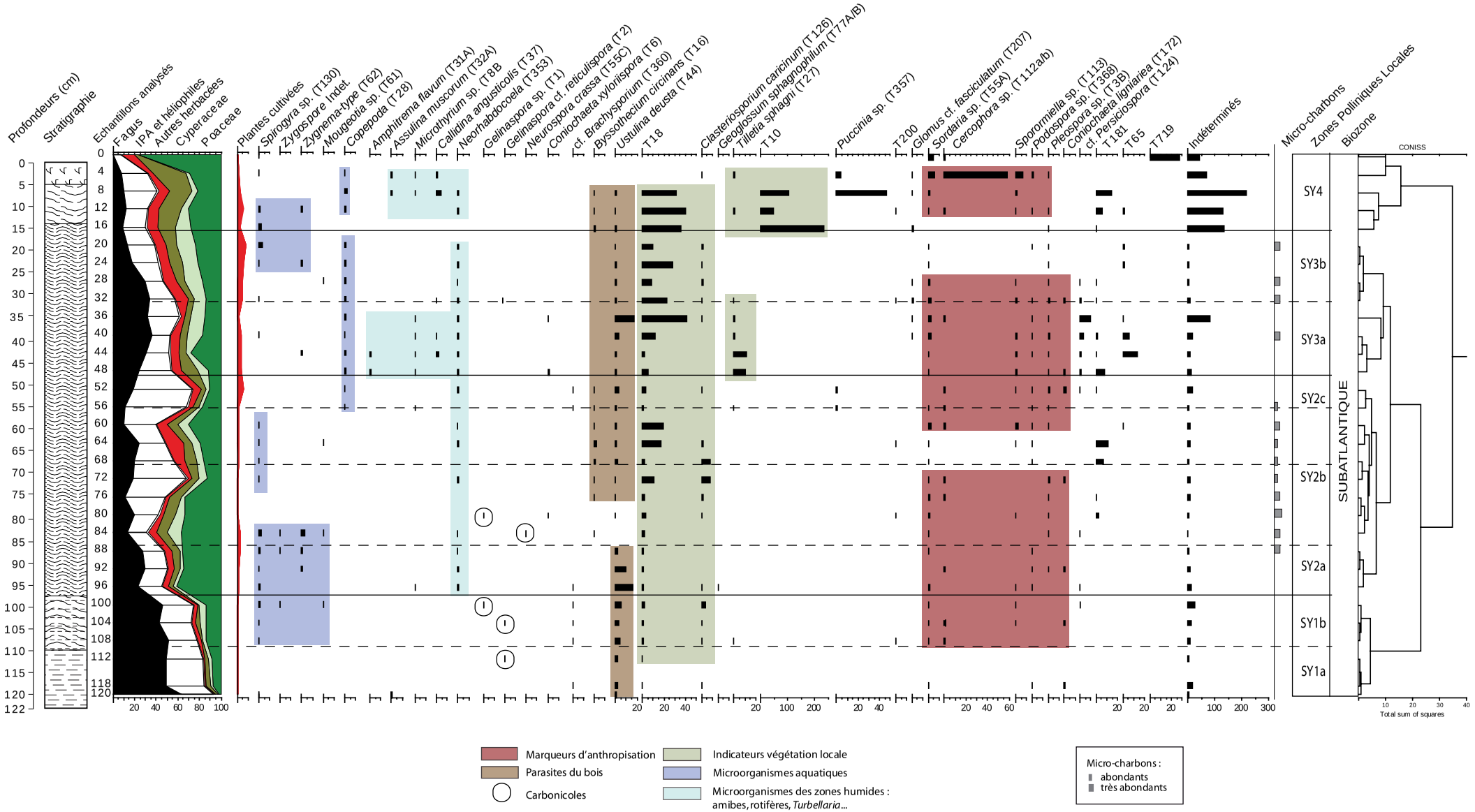
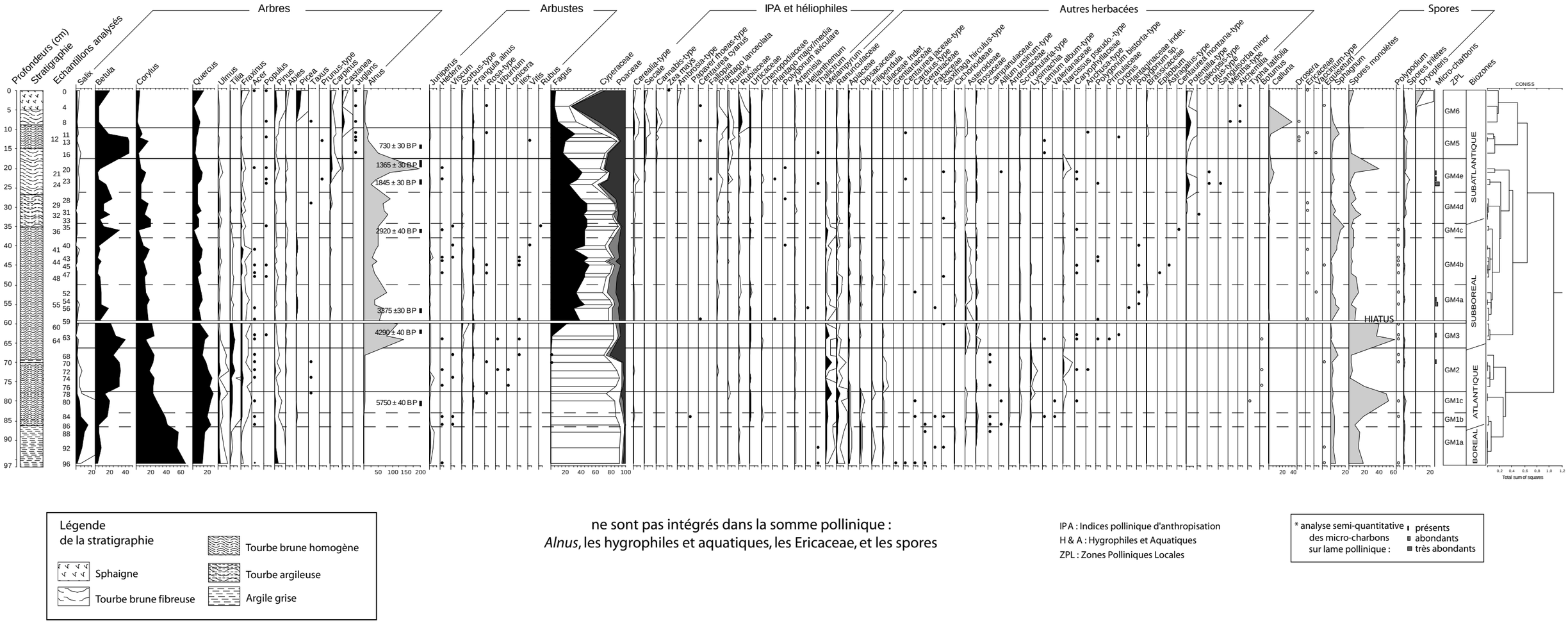



**Fig. A.5.** Tourbière des Sources de l'Yonne - Diagramme des Microfossiles Non Polliniques (MNP)




Légende
de la stratigraphie

- Sphaigne
- Tourbe brune fibreuse
- Tourbe brune homogène
- Tourbe argileuse
- Argile grise

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Alnus*, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative des micro-charbons sur lame pollinique : présents, abondants, très abondants

**Fig. A.6.** Tourbière du Grand-Montarnu - diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*

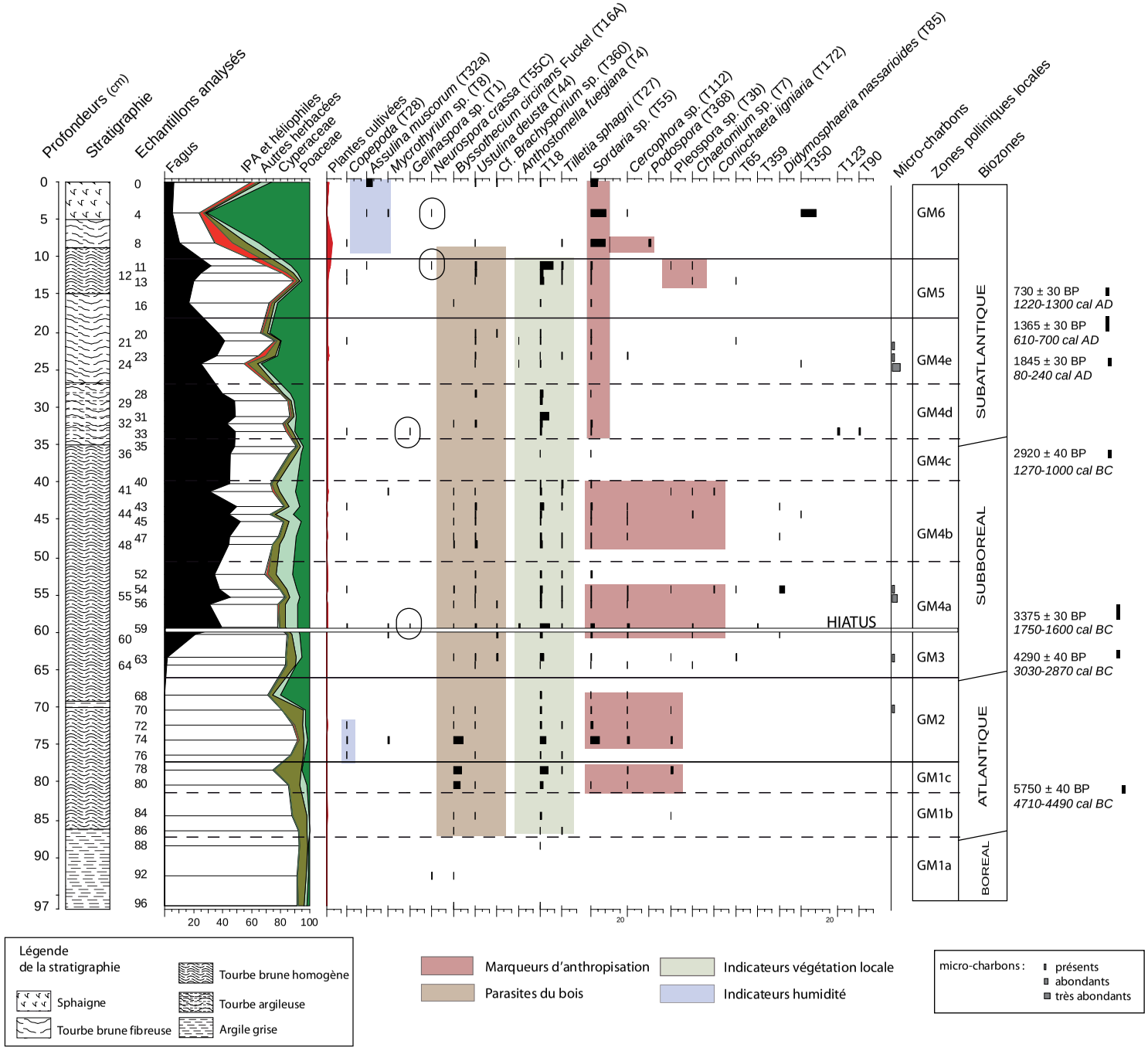
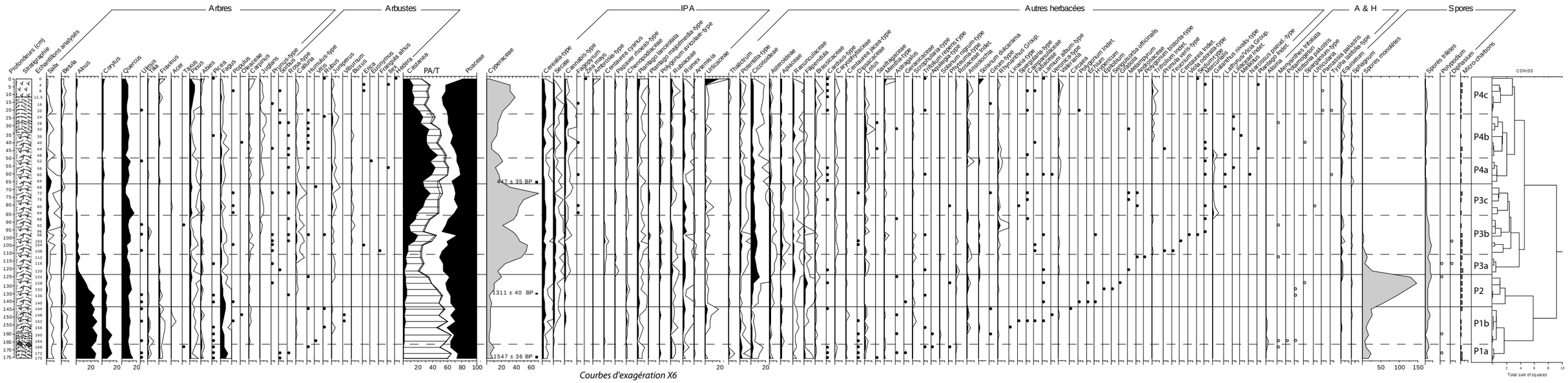



**Fig. A.7.** Tourbière du Grand-Montarnu - Diagramme des principaux Microfossiles Non Polliniques (MNP)




Légende de la stratigraphie

- Litière végétale
- Tourbe argileuse
- Tourbe avec débris végétaux
- Graviers
- Morceaux de bois

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
les Cyperaceae, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative
des micro-charbons
sur lame pollinique : ▮ présence

**Fig. A.8.** Zone humide du Quart-du-Bois (Poil) - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*

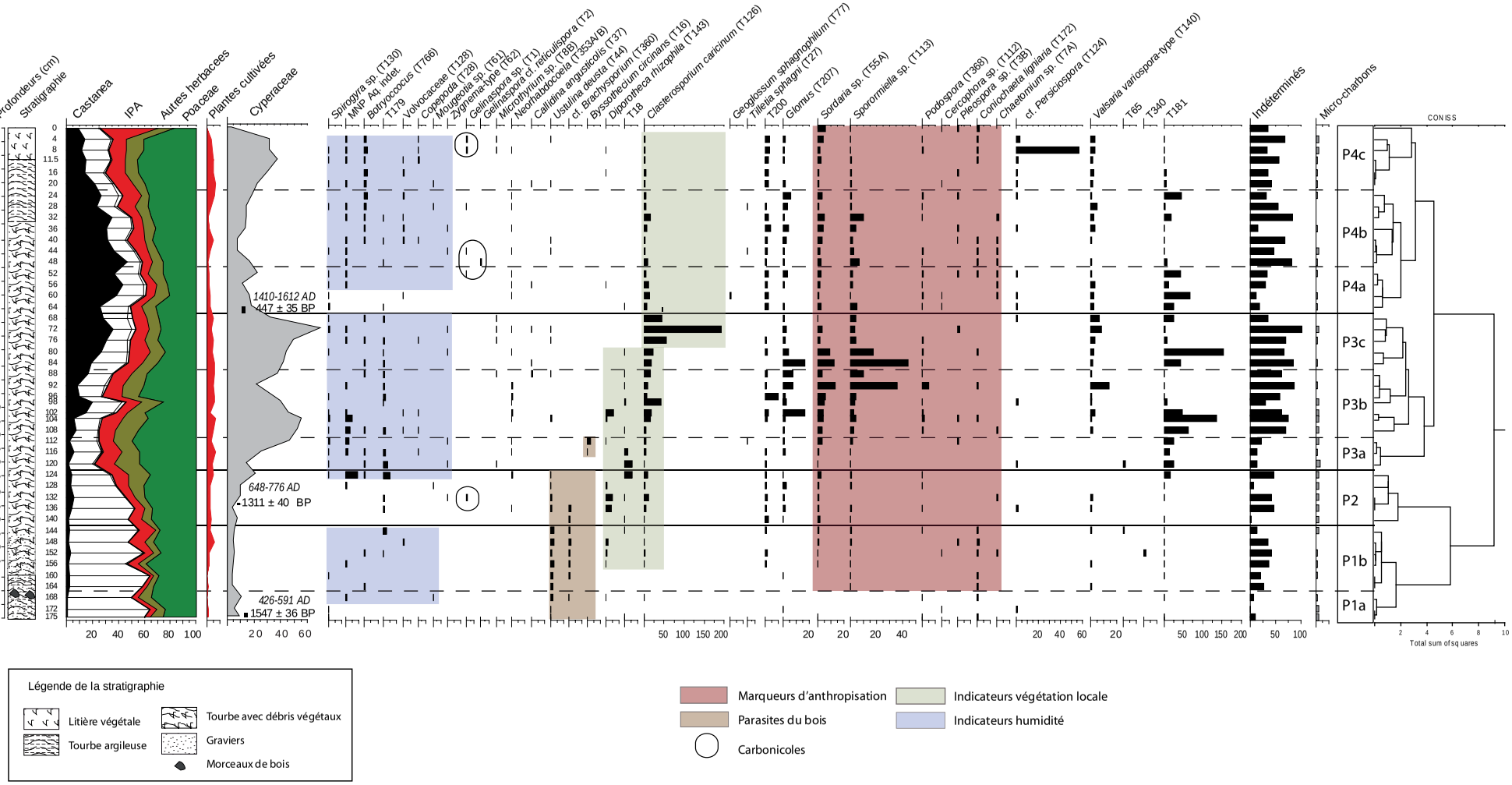
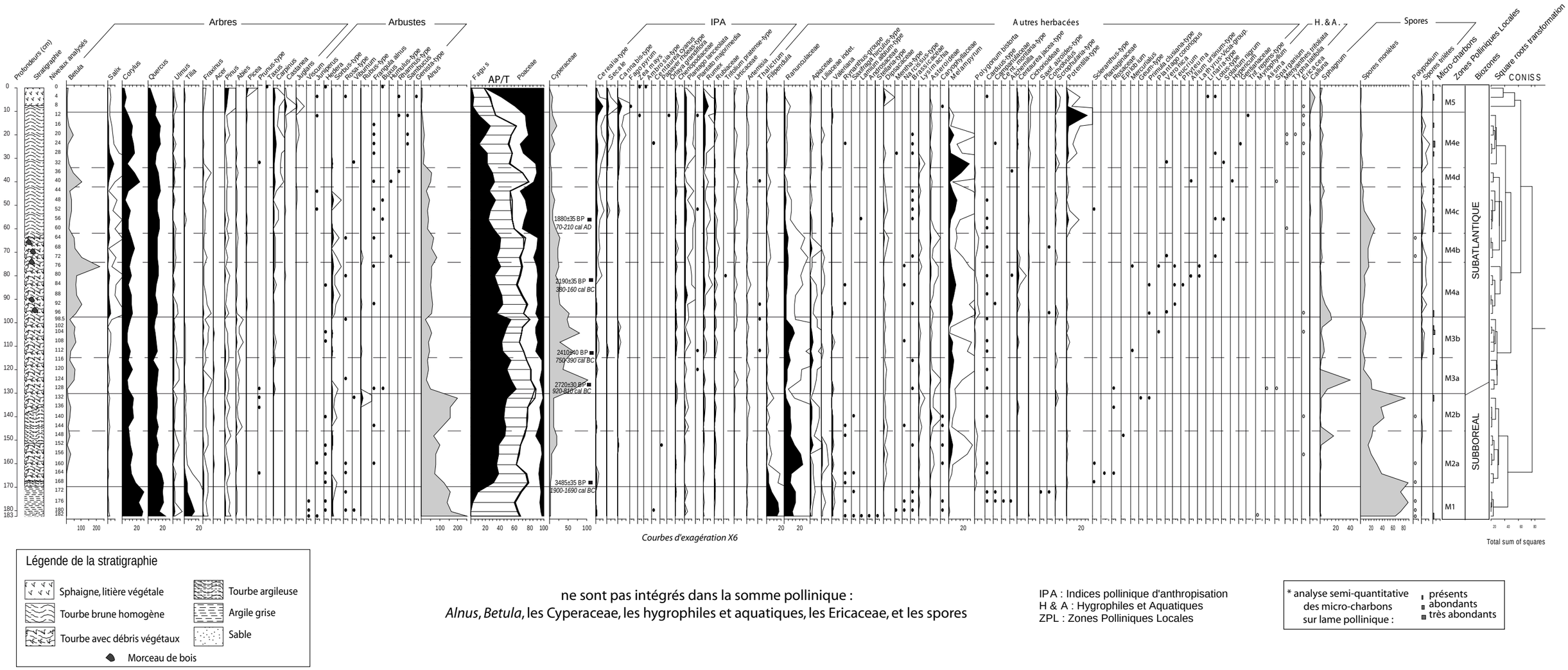



**Fig. A.9.** Zone tourbeuse du Quart du Bois - Diagramme des Microfossiles Non-Polliniques (MNP)




Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe brune homogène
- Tourbe avec débris végétaux
- Morceau de bois
- Tourbe argileuse
- Argile grise
- Sable

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Alnus*, *Betula*, les Cyperaceae, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, et les spores

IPA : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative des micro-charbons sur lame pollinique : présents, abondants, très abondants

**Fig. A.10.** Tourbière de Montbé - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*

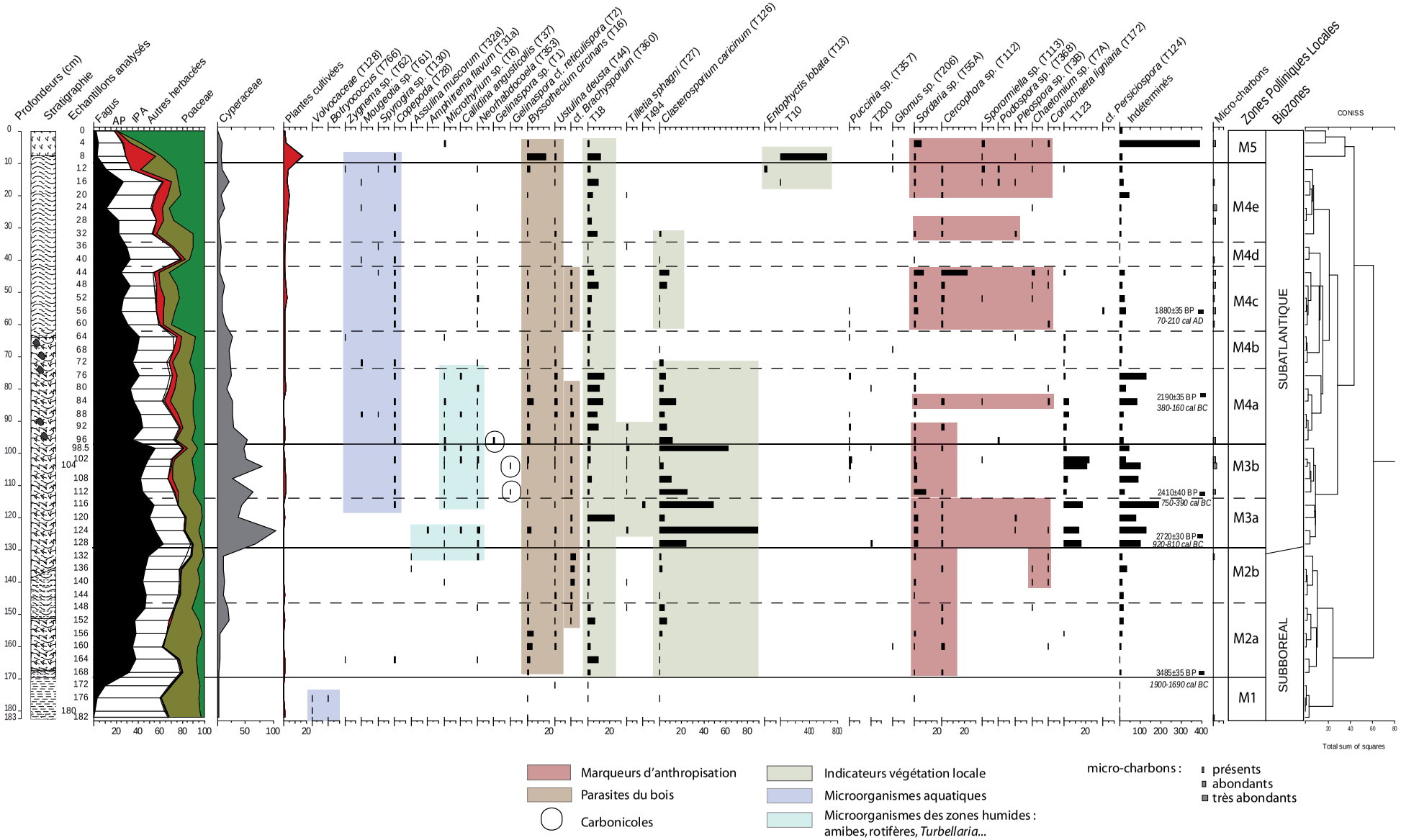



**Fig. A.11.** Tourbière de Montbé - Diagramme des Microfossiles Non-Polliniques (MNP)

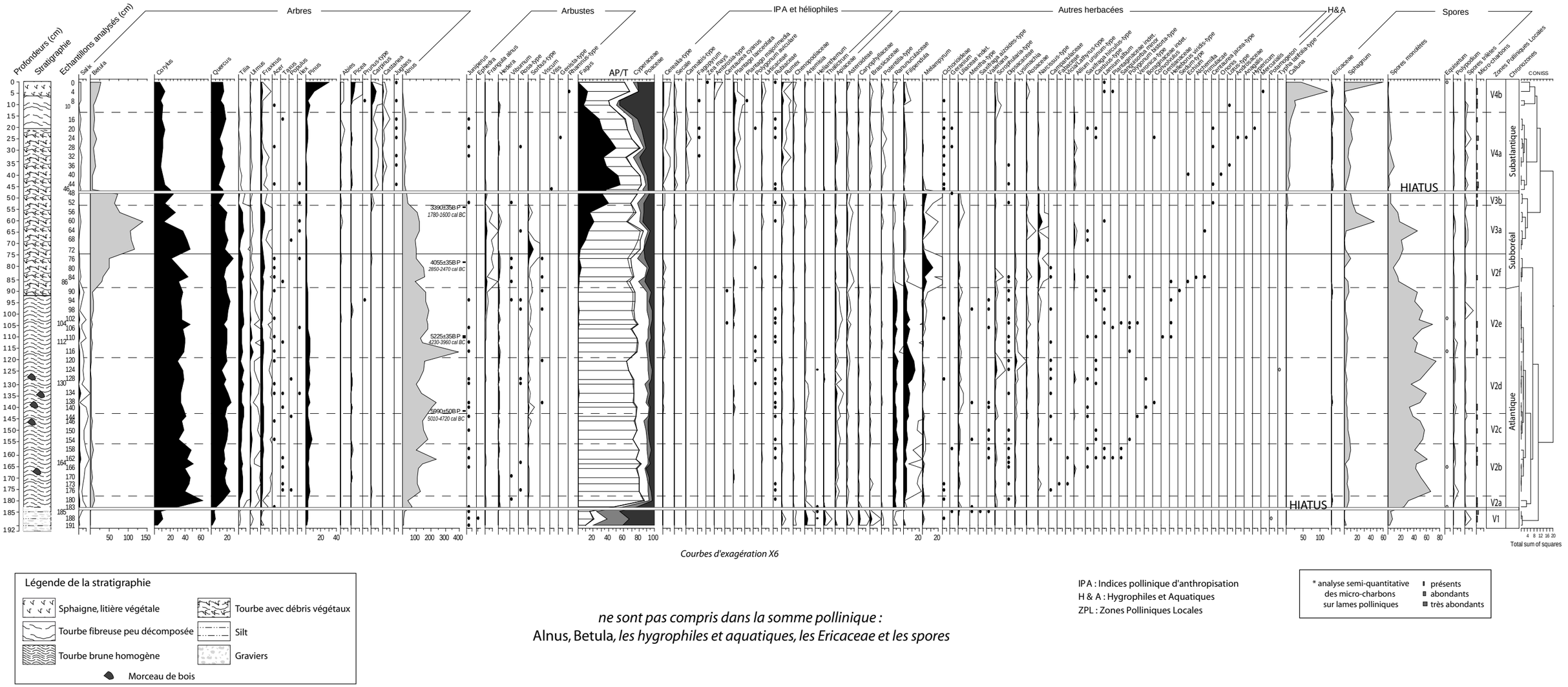



**Fig. A.12.** Tourbière du Vernay - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*

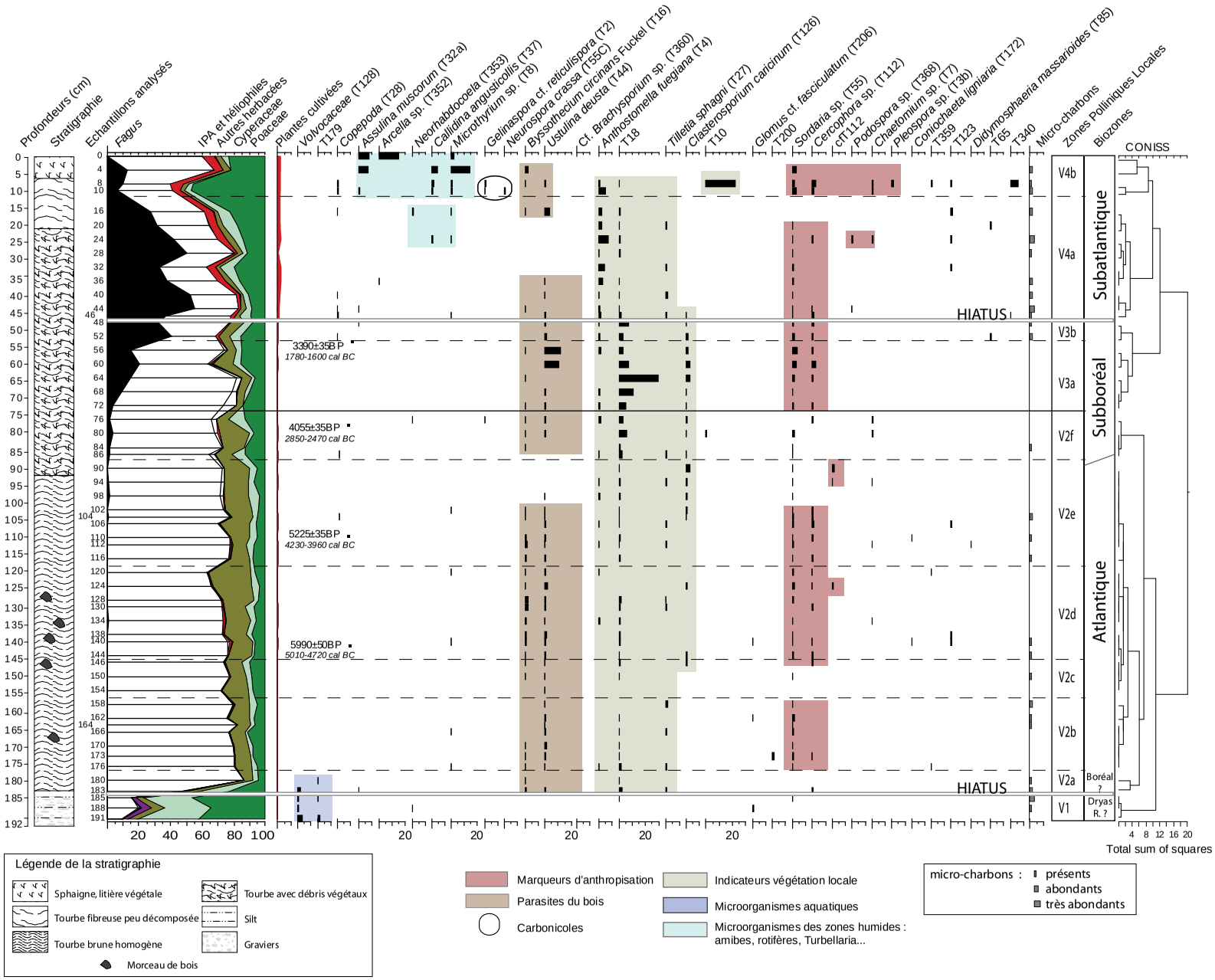
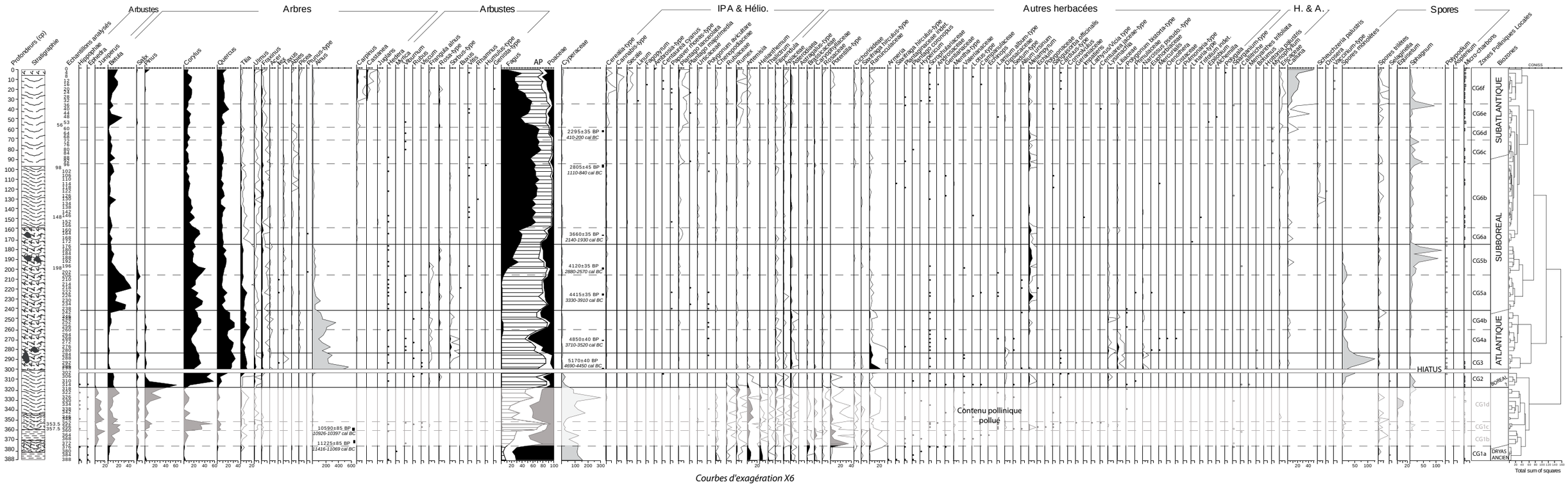



**Fig. A.13.** Le Vernay - Diagramme des Microfossiles Non Polliniques (MNP) identifiés




*Courbes d'exagération X6*

Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe fibreuse peu décomposée
- Tourbe brune homogène
- Tourbe avec débris végétaux
- Tourbe argileuse
- Argile grise
- Morceau de bois

ne sont pas compris dans la somme pollinique :
*Alnus*, les Cyperaceae, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, *Scheuchzeria palustris* et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative des micro-charbons sur lames polliniques

- présents
- abondants
- très abondants

**Fig. A.14.** Tourbière de Champs Gazon - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*

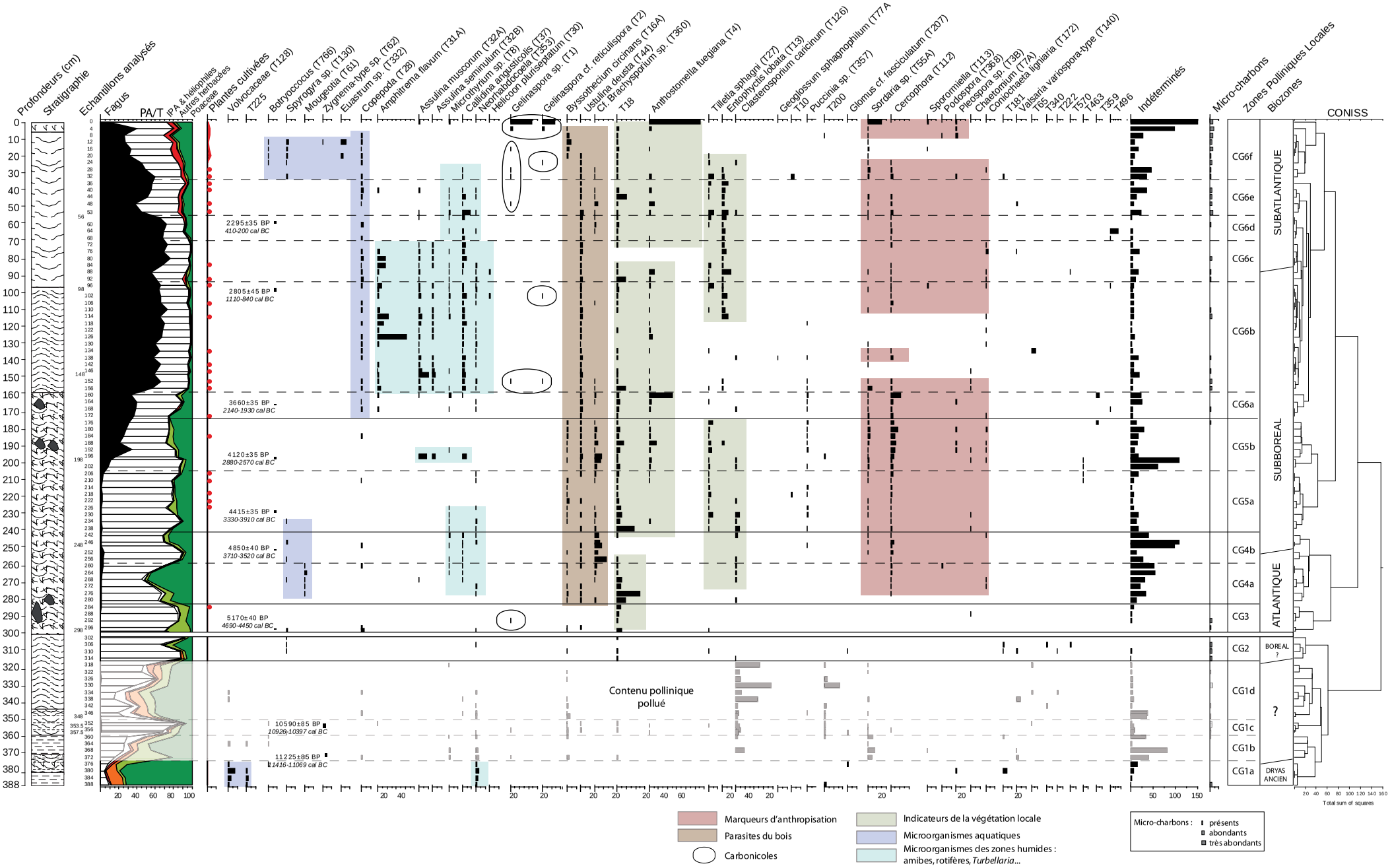
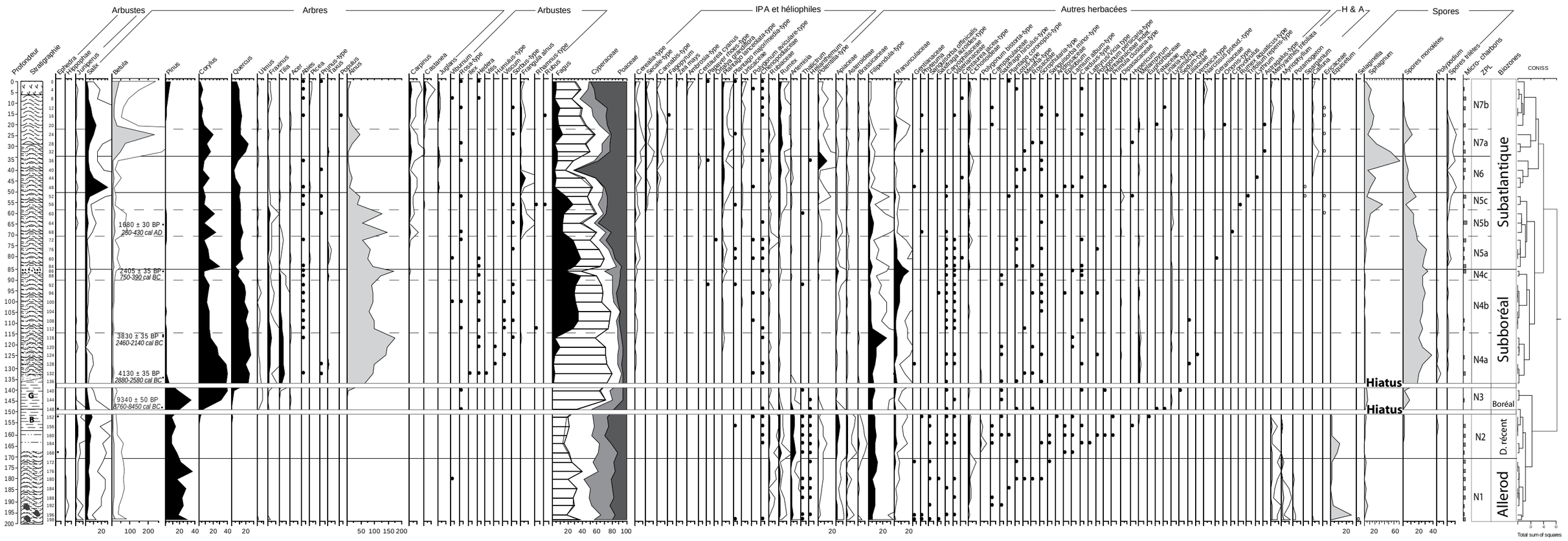



**Fig. A.15.** Tourbière de Champs Gazon - Diagramme des Microfossiles Non-Polliniques (MNP)


Arbustes
Arbres
Arbustes
IPA et héliophiles
Autres herbacées
H & A
Spores
Profondeur
Stratigraphie
Ephedra
Hippophae
Juniperus
Salix
Betula
Pinus
Corylus
Quercus
Ulmus
Fraxinus
Tilia
Acer
Abies
Picea
Prunus-type
Taxus
Populus
Alnus
Carpinus
Castanea
Juglans
Viburnum
Rosa-type
Hedera
Vitis
Humulus-type
Viscum
Sorbus-type
Frangula alnus
Ericaceae
Buxus
Cyperaceae
Poaceae
Cerealia-type
Secale-type
Cannabis-type
Lapsana
Ambrosia-type
Centaurea cyanus
Cichorioideae
Digitalis-type
Plantago lanceolata
Plantago major/media-type
Urticaceae
Polygonum aviculare-type
Rumex
Rubiaceae
Artemisia
Thalictrum
Helianthemum
Potentilla-type
Apiaceae
Asteroideae
Brassicaceae
Filipendula-type
Ranunculaceae
Gentianaceae
Dryas
Saxifraga oppositifolia
Caryophyllaceae
Silene-type
Melandrium
Chenopodiaceae
Polygonum bistorta-type
Caryophyllaceae
Plantago lanceolata-type
Plantago coronopus-type
Mentha-type
Lysimachia
Scrophulariaceae
Campanulaceae
Epilobium
Lotus-type
Anthyllis vulneraria-type
Trifolium pratense-type
Trifolium repens-type
Vicia-type
Fabaceae
Hypericum
Geranium
Linaceae
Linum
Rhinanthus-type
Valeriana officinalis
Dipsacaceae
Succisa pratensis-type
Knautia arvensis-type
Scabiosa
Asteraceae (subf. Asteroideae)
Asteraceae (subf. Cichorioideae)
Tubuliflorae
Cirsium-type
Carduus-type
Centaurea nigra-type
Centaurea jacea-type
Lactuca-type
Taraxacum-type
Achillea-type
Artemisia
Senecio-type
Asteraceae (subf. Tubuliflorae)
Liguliflorae
Cerealia-type
Secale-type
Poaceae
Cyperaceae
Filipendula-type
Ranunculaceae
Rumex
Urtica
Plantago major/media-type
Plantago lanceolata-type
Polygonum aviculare-type
Polygonum bistorta-type
Rubiaceae
Thalictrum
Helianthemum
Potentilla-type
Apiaceae
Asteroideae
Brassicaceae
Caryophyllaceae
Silene-type
Melandrium
Chenopodiaceae
Dryas
Saxifraga oppositifolia
Gentianaceae
Lotus-type
Anthyllis vulneraria-type
Trifolium pratense-type
Trifolium repens-type
Vicia-type
Fabaceae
Hypericum
Geranium
Linaceae
Linum
Rhinanthus-type
Valeriana officinalis
Dipsacaceae
Succisa pratensis-type
Knautia arvensis-type
Scabiosa
Asteraceae (subf. Asteroideae)
Asteraceae (subf. Cichorioideae)
Tubuliflorae
Cirsium-type
Carduus-type
Centaurea nigra-type
Centaurea jacea-type
Lactuca-type
Taraxacum-type
Achillea-type
Artemisia
Senecio-type
Asteraceae (subf. Tubuliflorae)
Liguliflorae
Lactuca-type
Taraxacum-type
Achillea-type
Artemisia
Senecio-type
Asteraceae (subf. Tubuliflorae)
Liguliflorae
Cirsium-type
Carduus-type
Centaurea nigra-type
Centaurea jacea-type

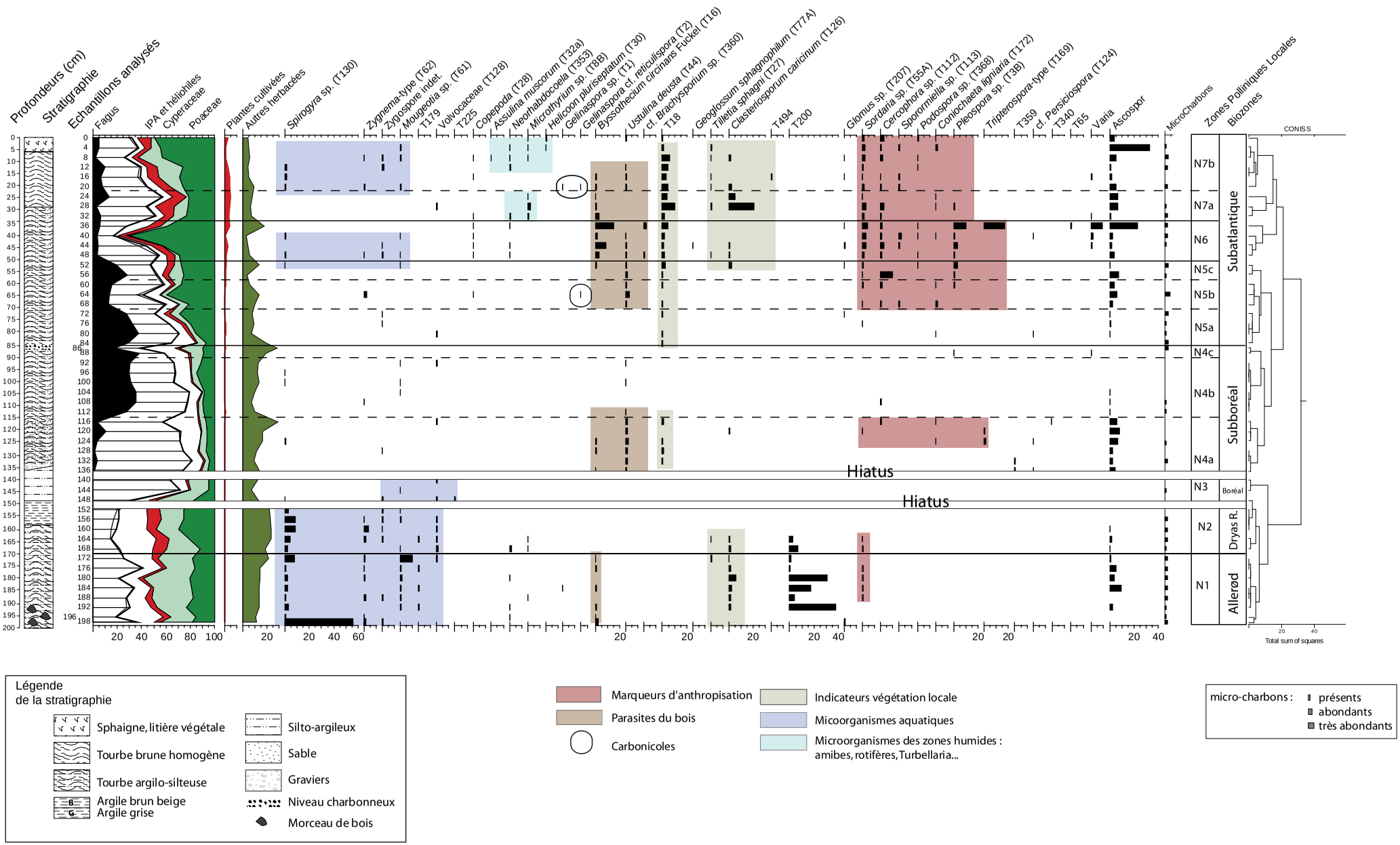
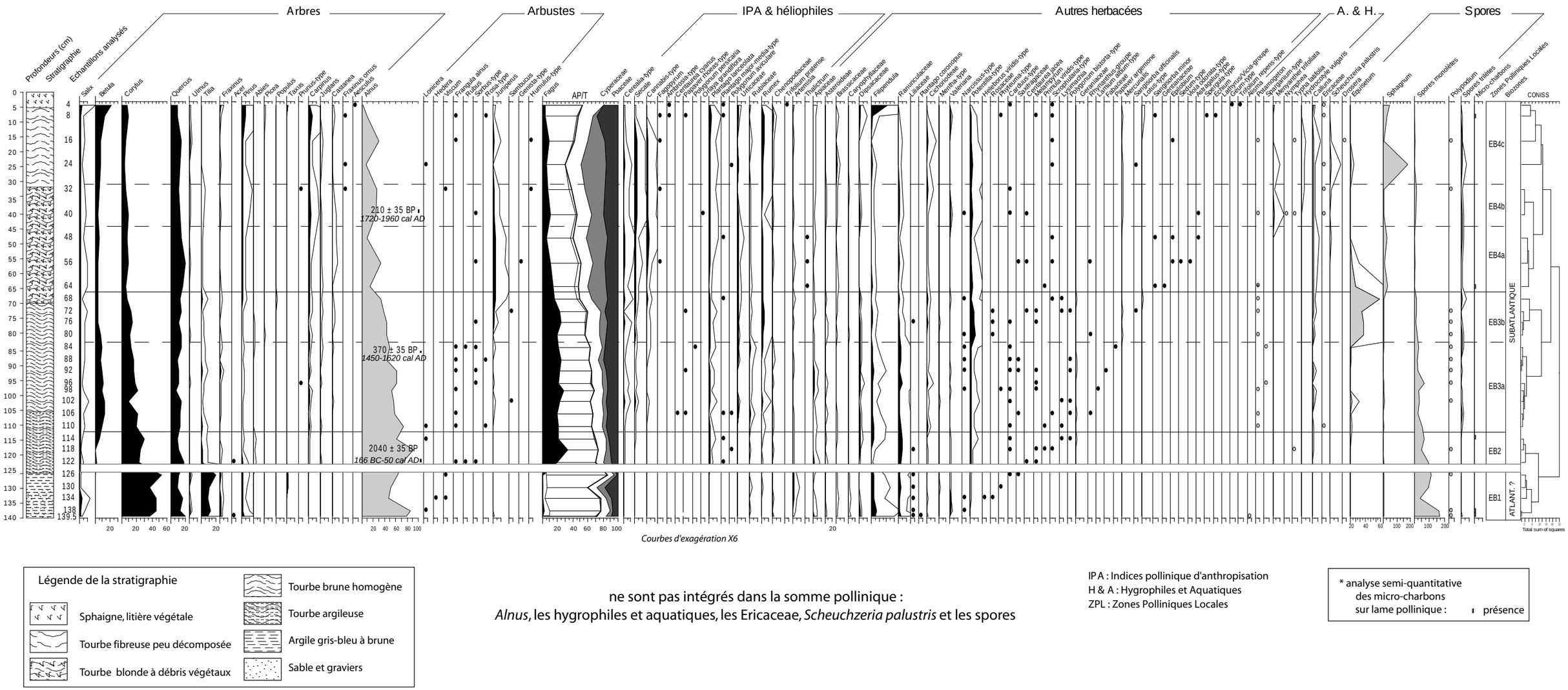



**Fig. A.17.** Tourbière de Nataloup - Diagramme des Microfossiles Non-Polliniques (MNP)




Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe fibreuse peu décomposée
- Tourbe blonde à débris végétaux
- Tourbe brune homogène
- Tourbe argileuse
- Argile gris-bleu à brune
- Sable et graviers

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Alnus*, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, *Scheuchzeria palustris* et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative
des micro-charbons
sur lame pollinique : ▮ présence

**Fig. A.18.** Tourbière de l'étang de Bouquin - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*

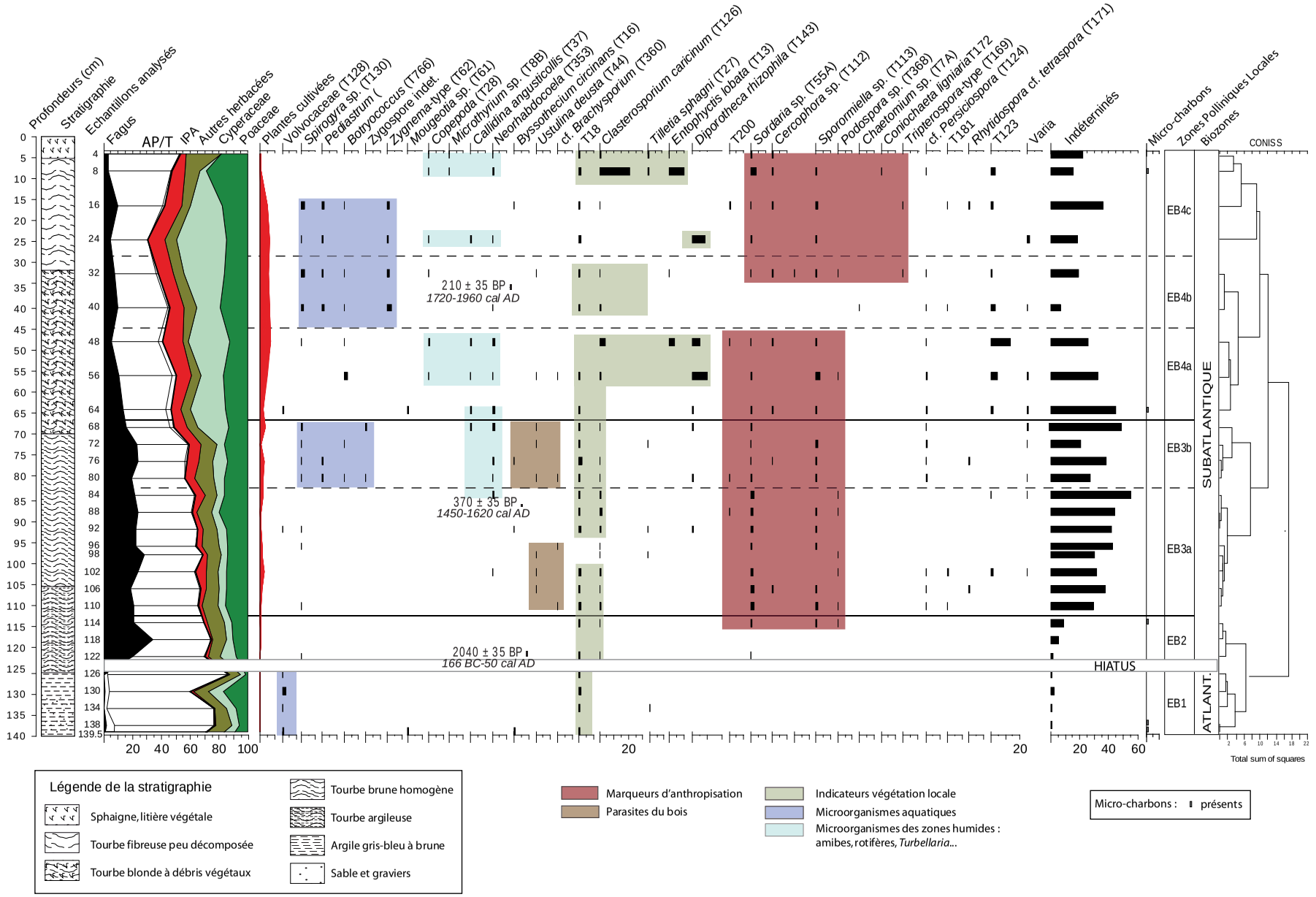
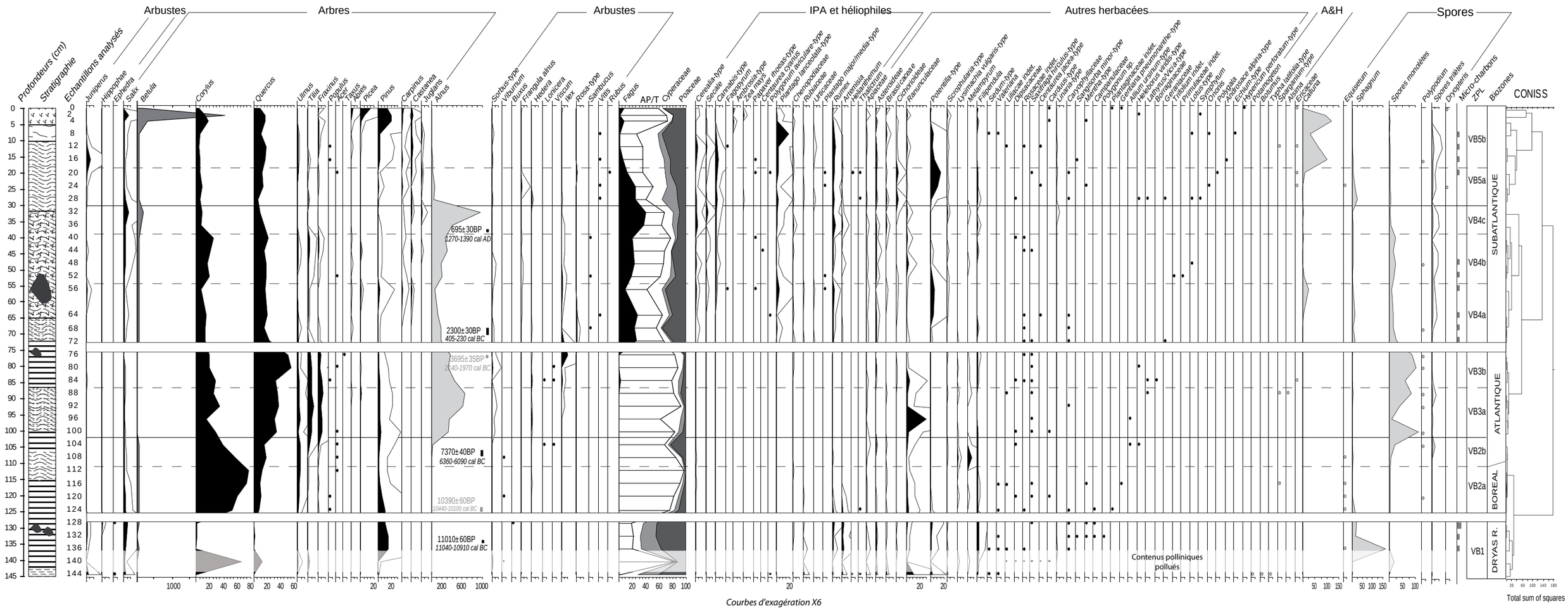



**Fig. A.19.** Tourbière de l'étang de Bouquin - Diagramme des Microfossiles Non-Polliniques (MNP)




Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe peu décomposée
- Tourbe brune homogène
- Morceau de bois
- Tourbe avec débris végétaux
- Tourbe très évoluée
- Niveaux organiques lités vert/brun
- Argile gris/beige

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Betula, Alnus*, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative
des micro-charbons sur lame pollinique : abondants, très abondants

**Fig. A.20.** Tourbière du Verny-des-Brûlons - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*

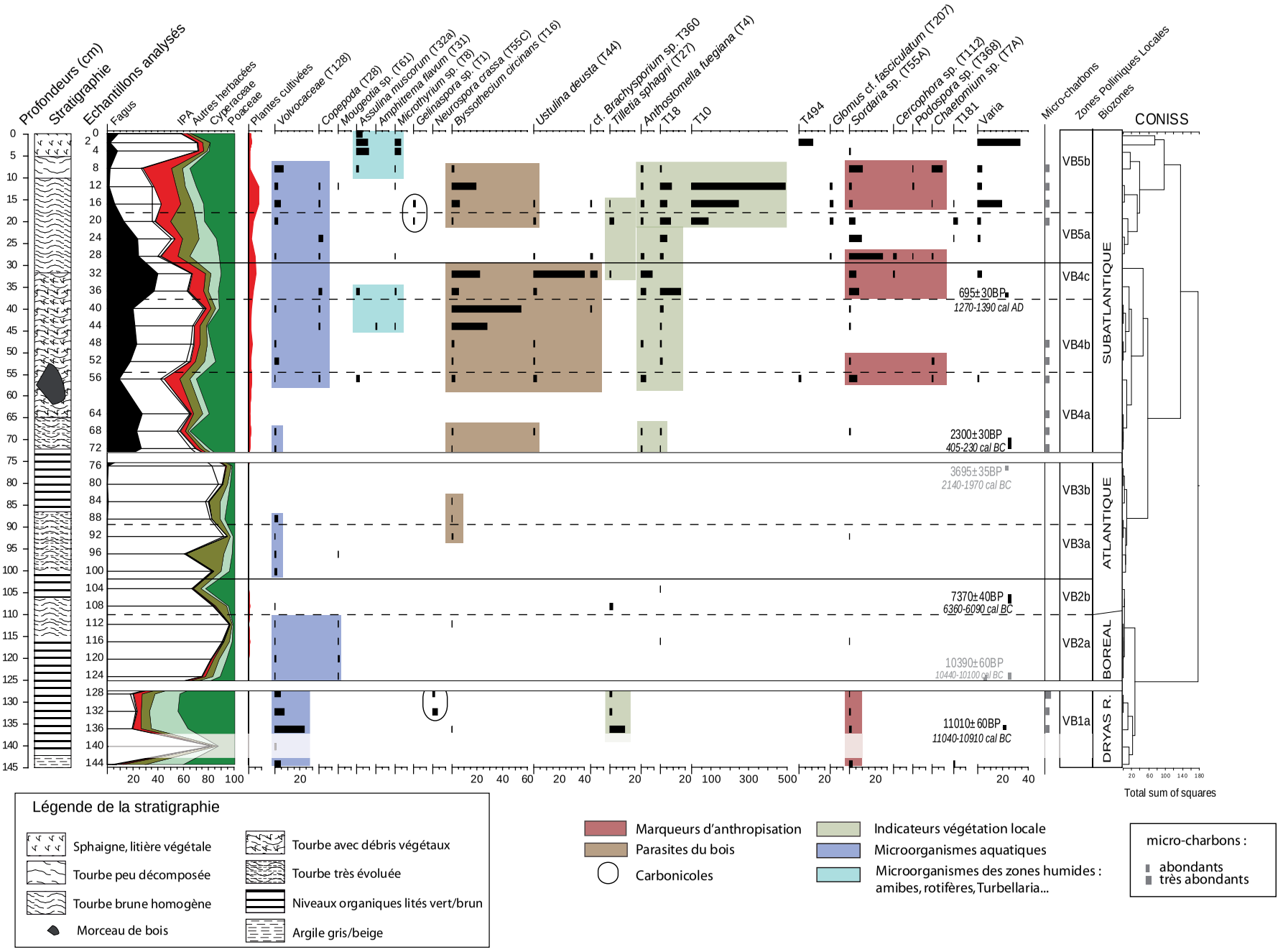
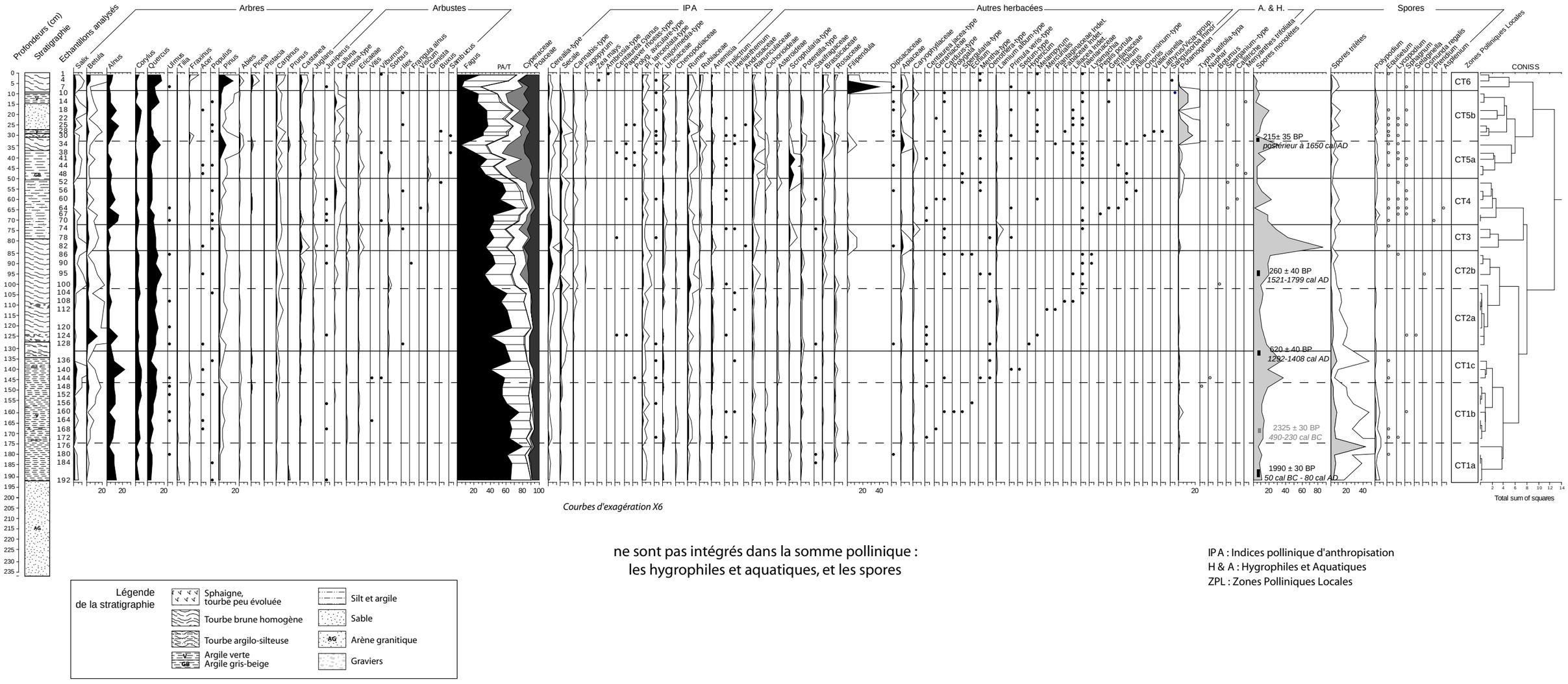



**Fig. A.21.** Tourbière du Verny-des-Brûlons - Diagramme des principaux Microfossiles Non-Polliniques (MNP)




Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, tourbe peu évoluée
- Tourbe brune homogène
- Tourbe argilo-silteuse
- Argile verte / Argile gris-beige
- Silt et argile
- Sable
- Arène granitique
- Graviers

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique : les hygrophiles et aquatiques, et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

**Fig. A.22.** Canal du Touron - Diagramme complet : pollen et spores

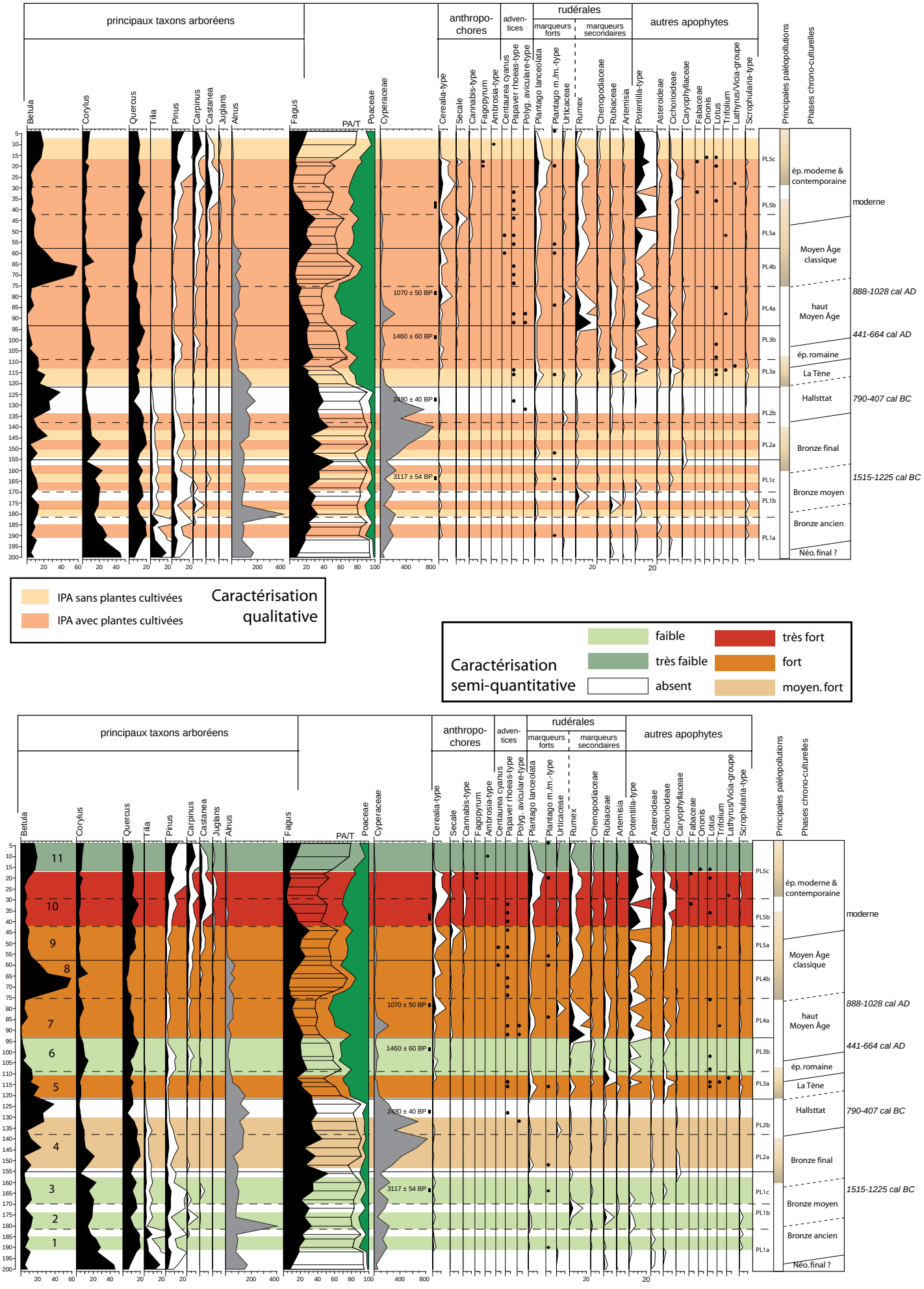
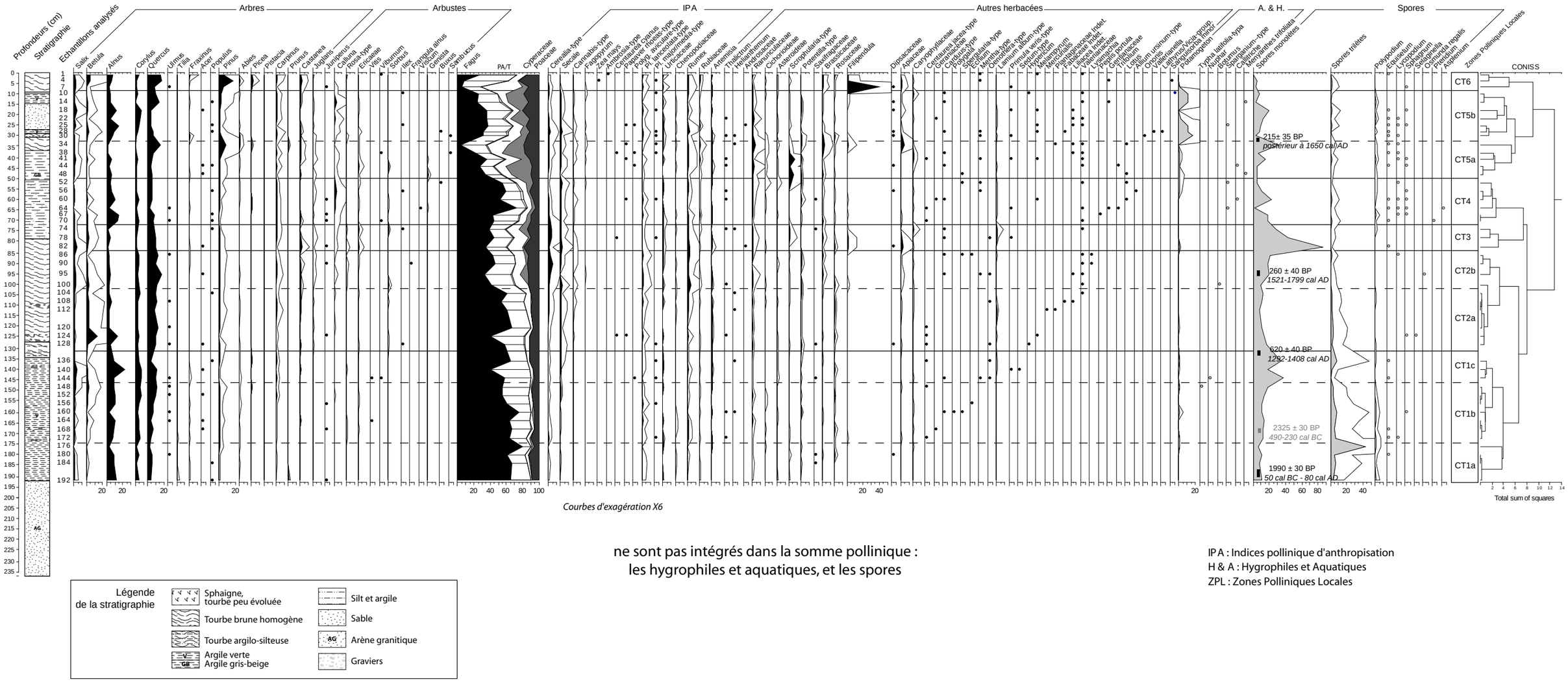



**Fig. A.23.** Diagrammes d'anthropisation de la tourbière du Port-des-Lamberts, impacts des activités humaines sur le couvert végétal




Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, tourbe peu évoluée
- Tourbe brune homogène
- Tourbe argilo-silteuse
- Argile verte / Argile gris-beige
- Silt et argile
- Sable
- Arène granitique
- Graviers

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique : les hygrophiles et aquatiques, et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

**Fig. A.22.** Canal du Touron - Diagramme complet : pollen et spores

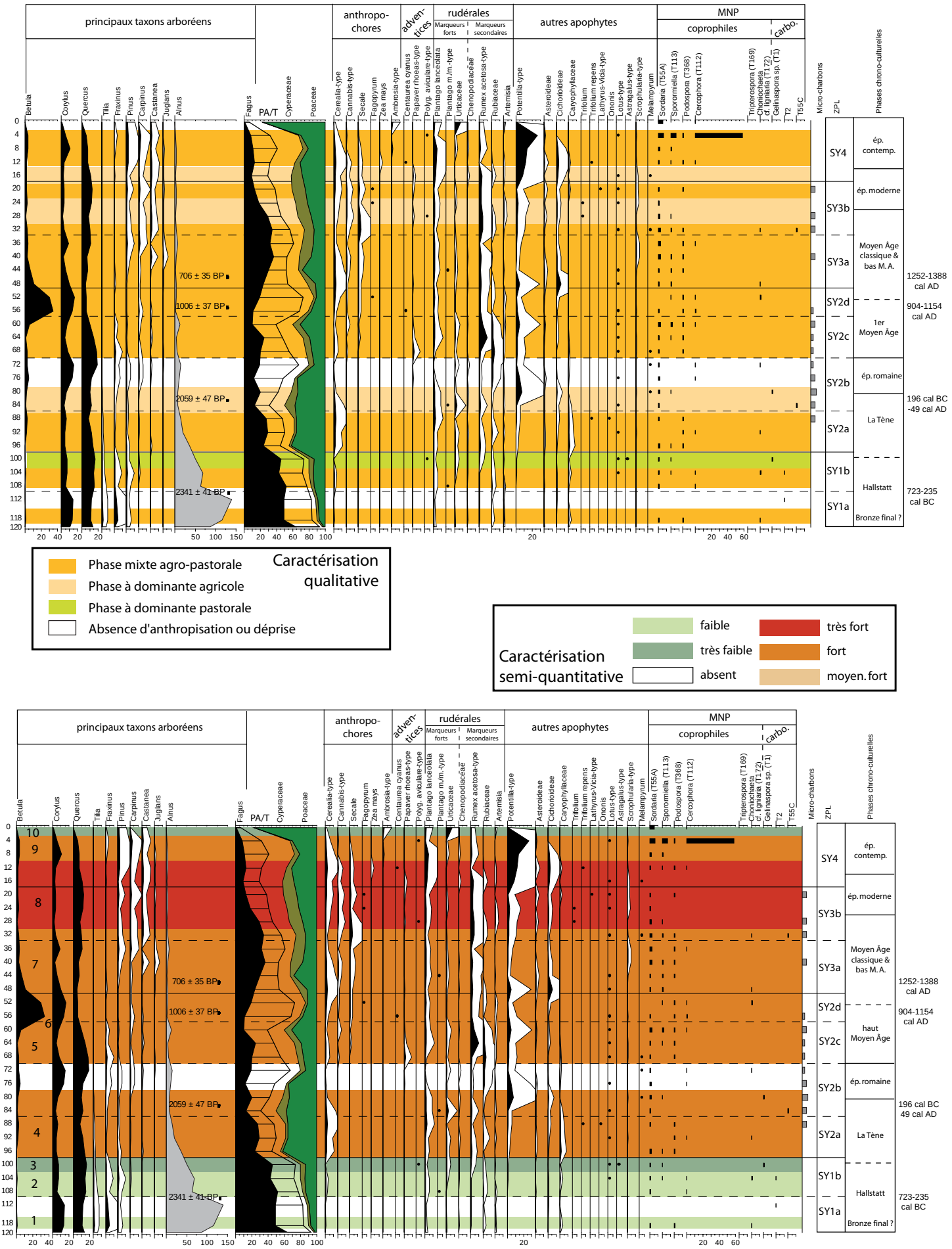



**Fig. A.24.** Diagrammes d'anthropisation de la tourbière des Sources de l'Yonne impacts des activités humaines sur le couvert végétal

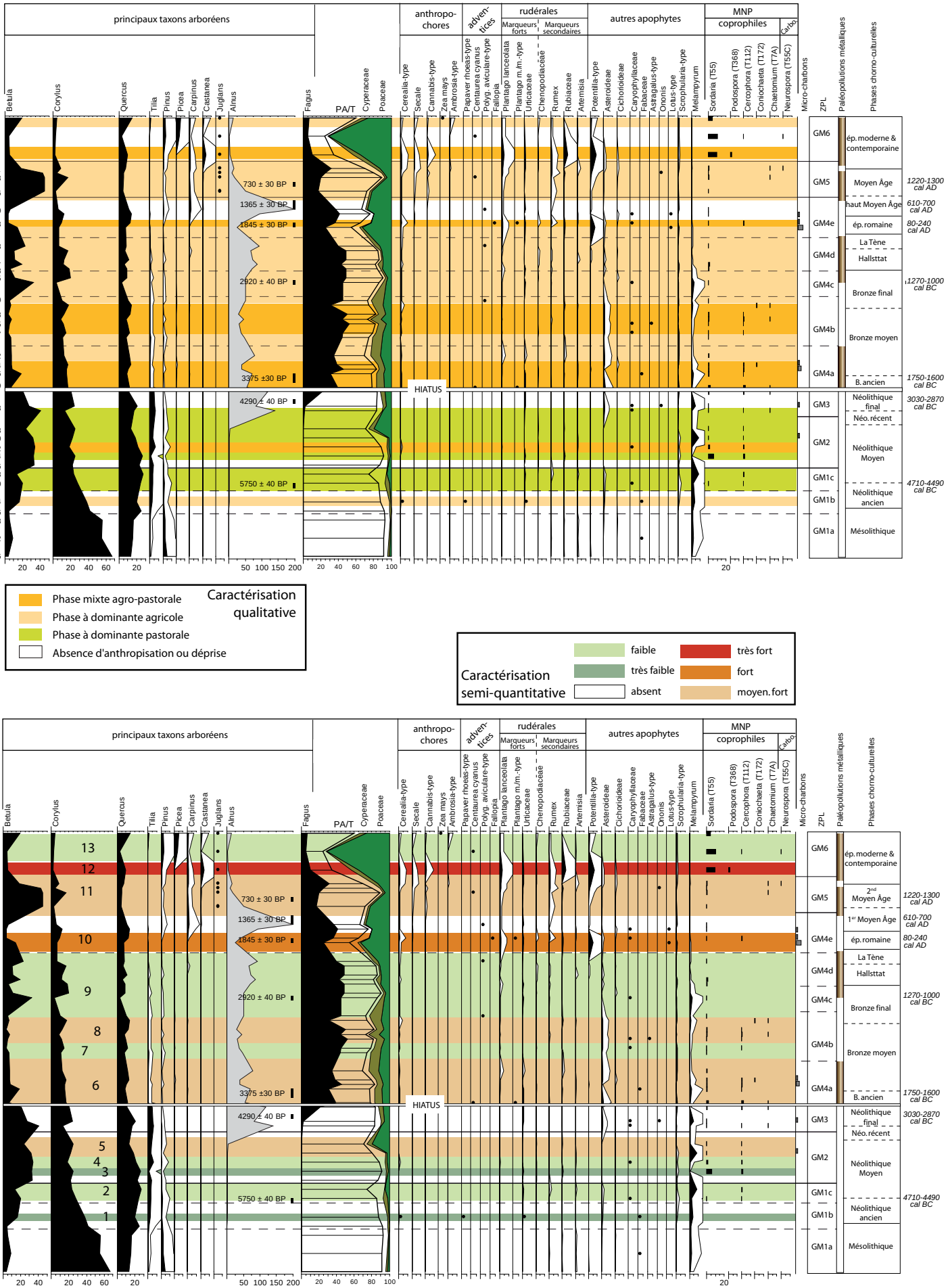



**Fig. A.25.** Diagrammes d'anthropisation Grand-Montarnu, impacts des activités humaines sur le couvert végétal

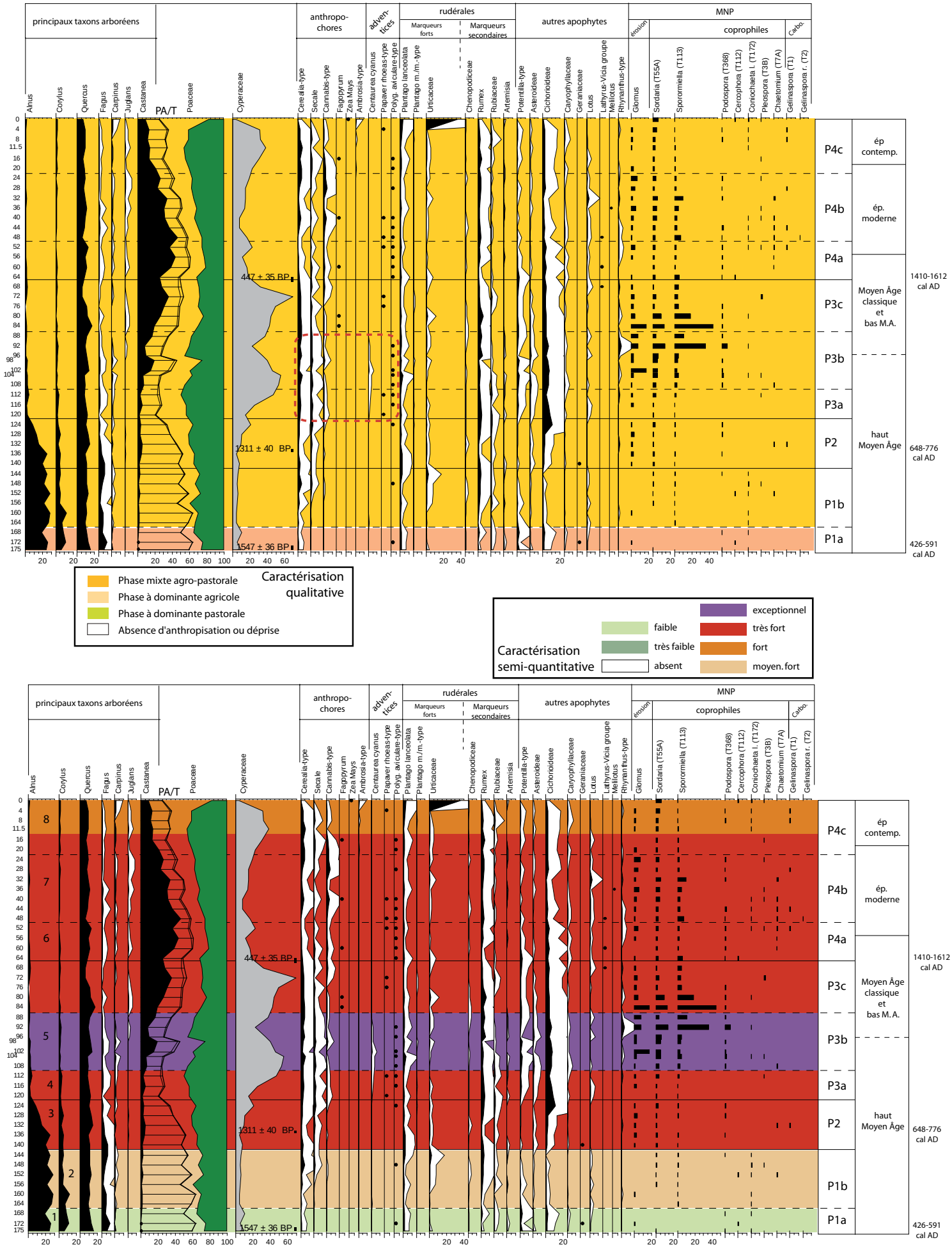



**Fig. A.26.** Diagramme d'anthropisation de la zone humide du Quart-du-Bois (Poil), impacts des activités humaines sur le couvert végétal

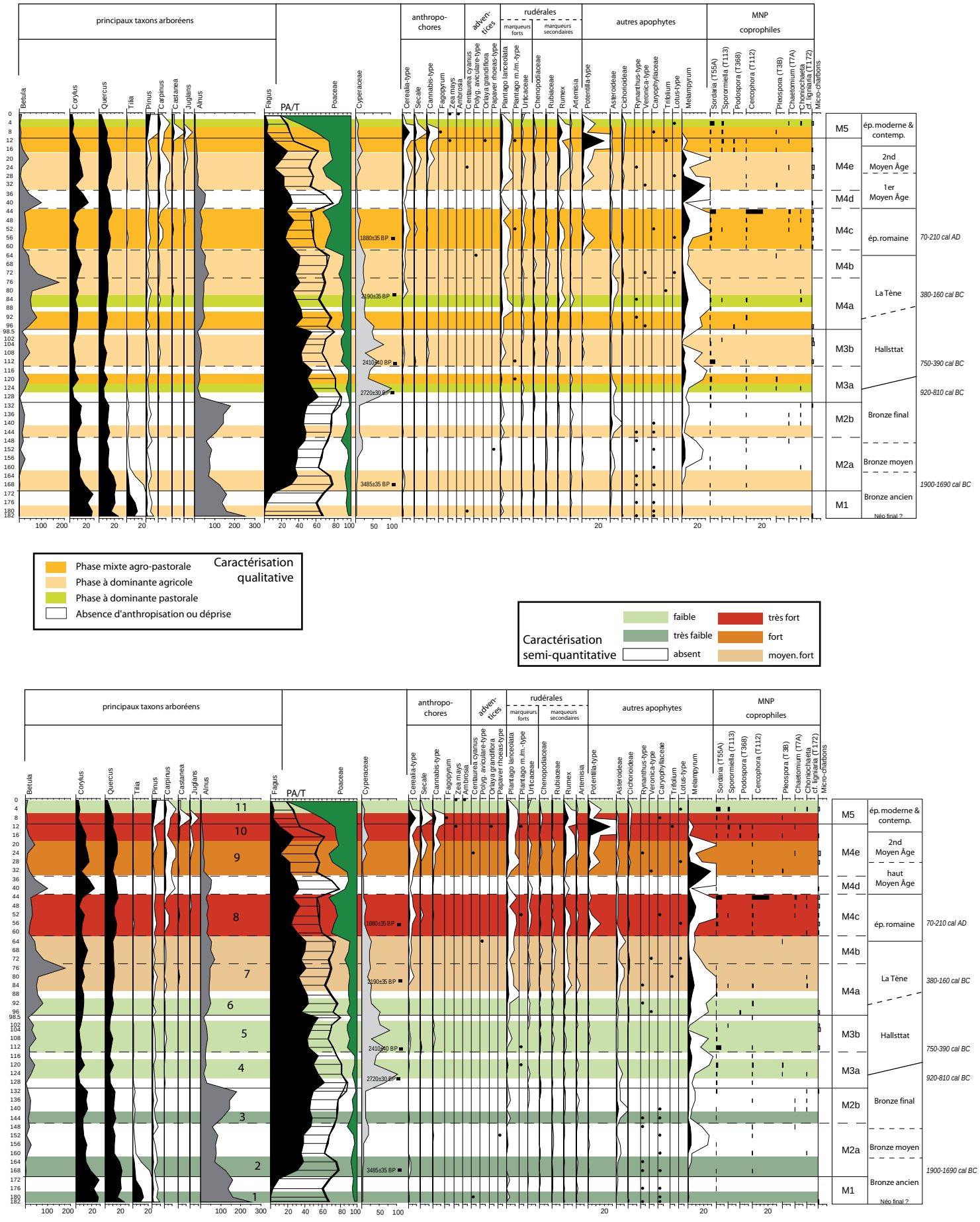



**Fig. A.27.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière de Montbé, Impacts des activités humaines sur le couvert végétal

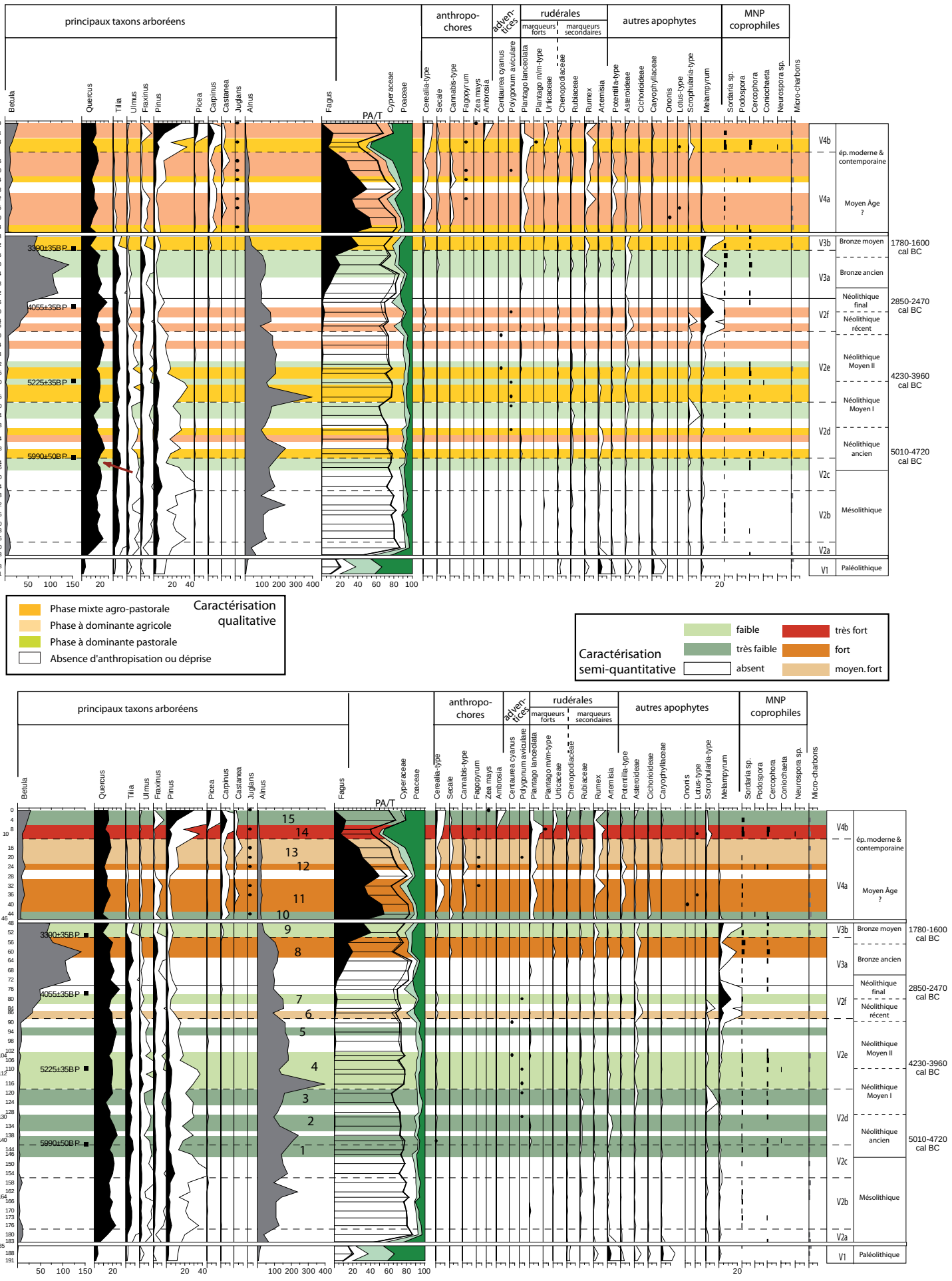



**Fig. A.28.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière du Vernay
Impacts des activités humaines sur le couvert végétal

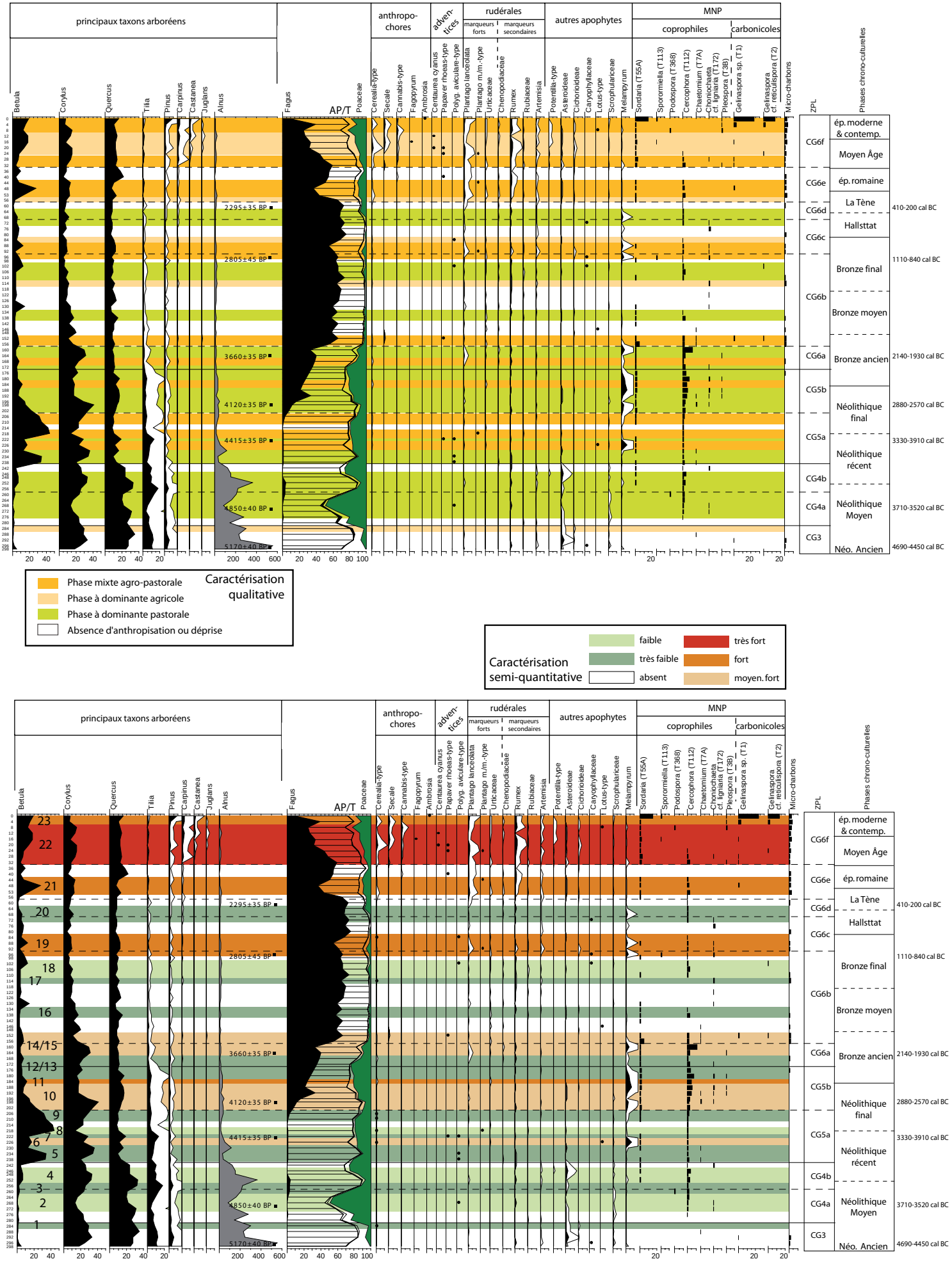



**Fig. A.29.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière de Champ Gazon, impacts des activités humaines sur le couvert végétal

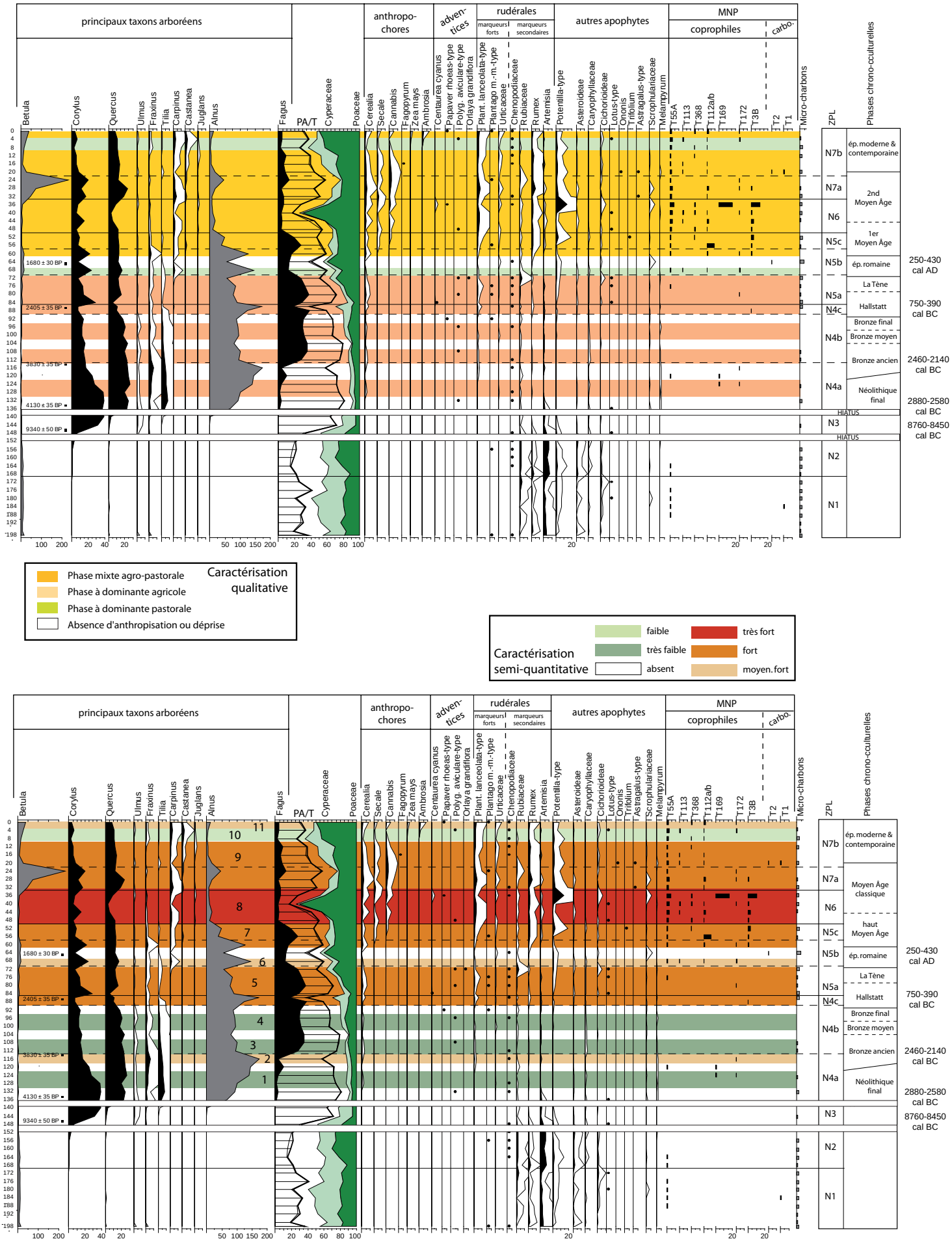



**Fig. A.30.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière de Nataloup, impacts des activités humaines sur le couvert végétal

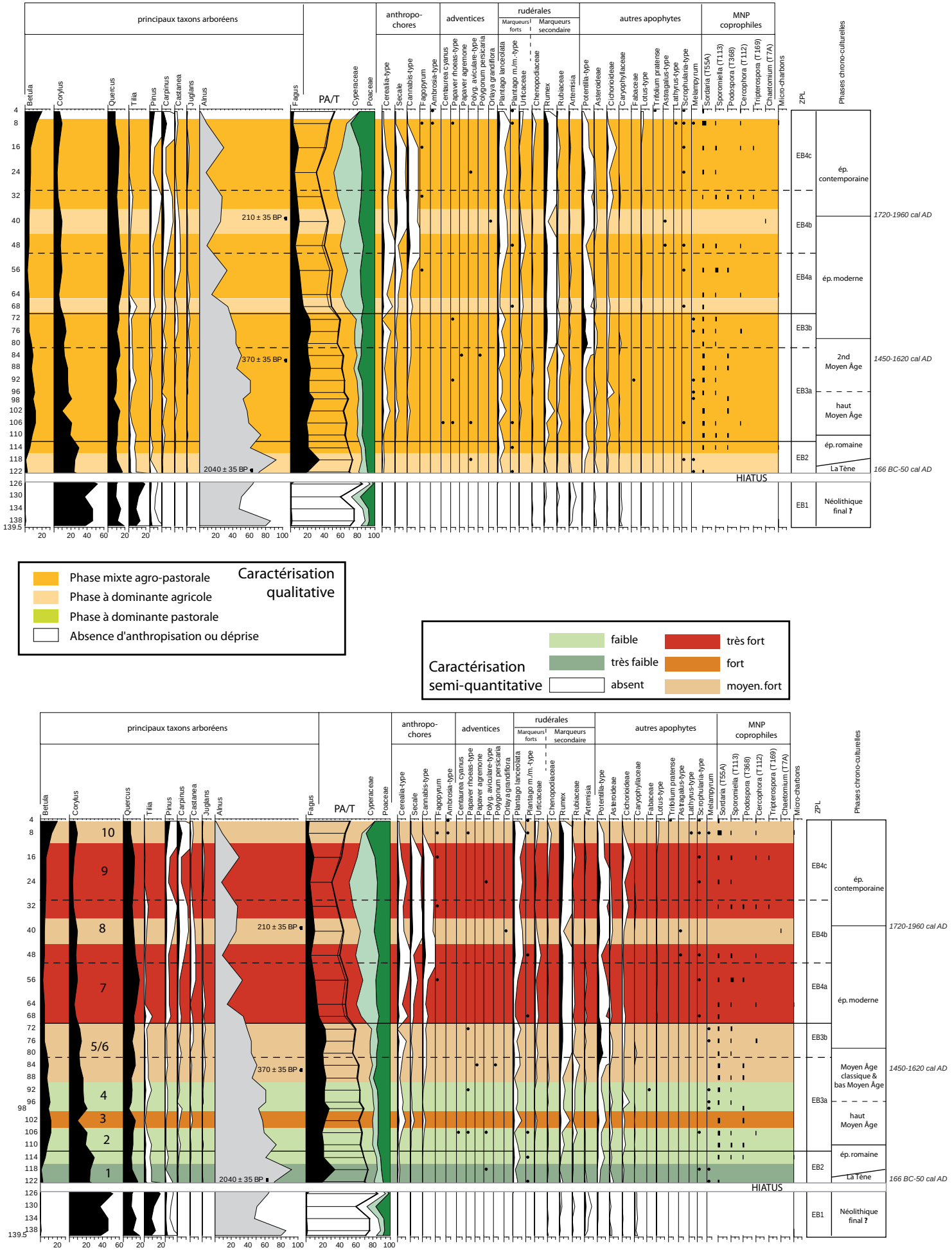



**Fig. A.31.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière de l'étang de Bouquin, impacts des activités humaines sur le couvert végétal

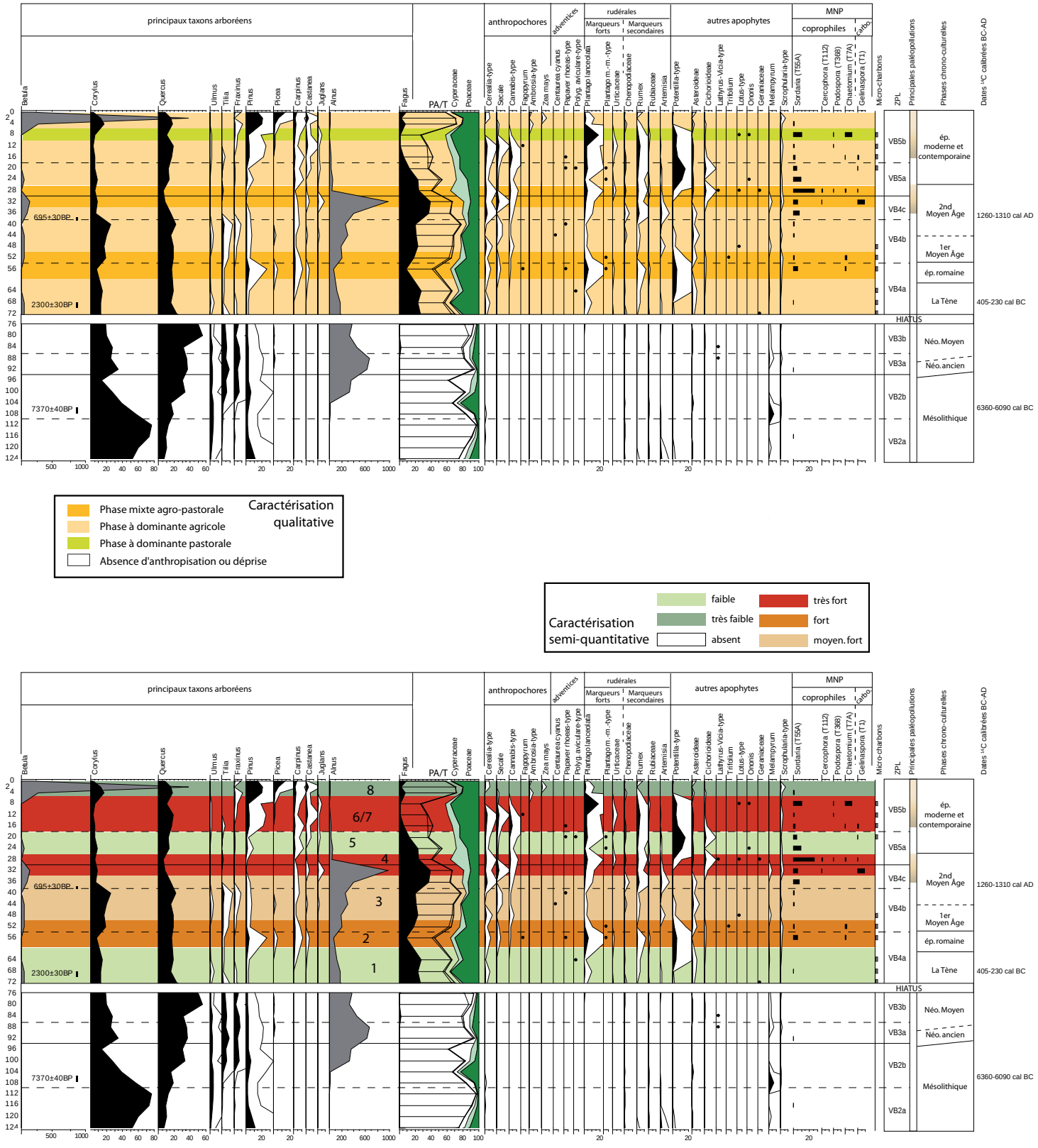
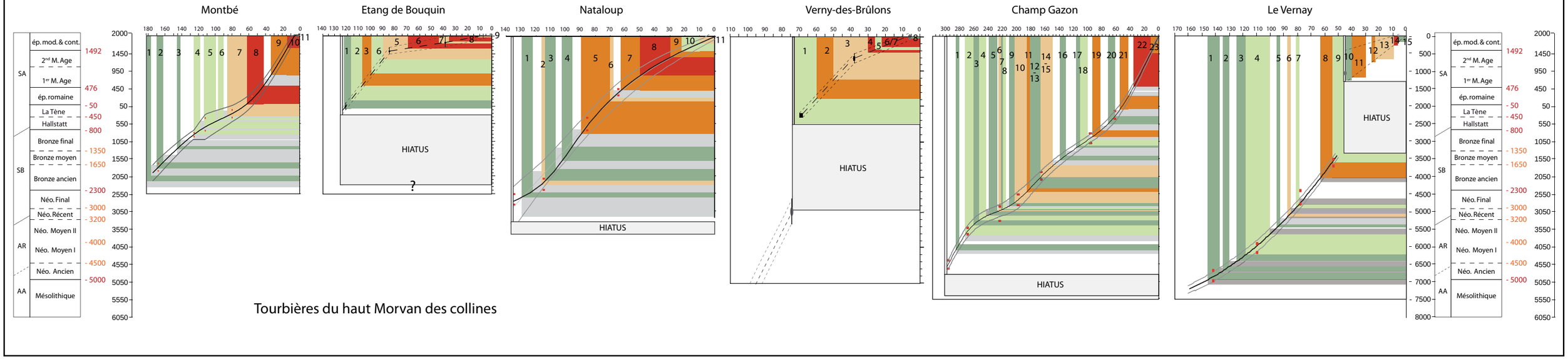
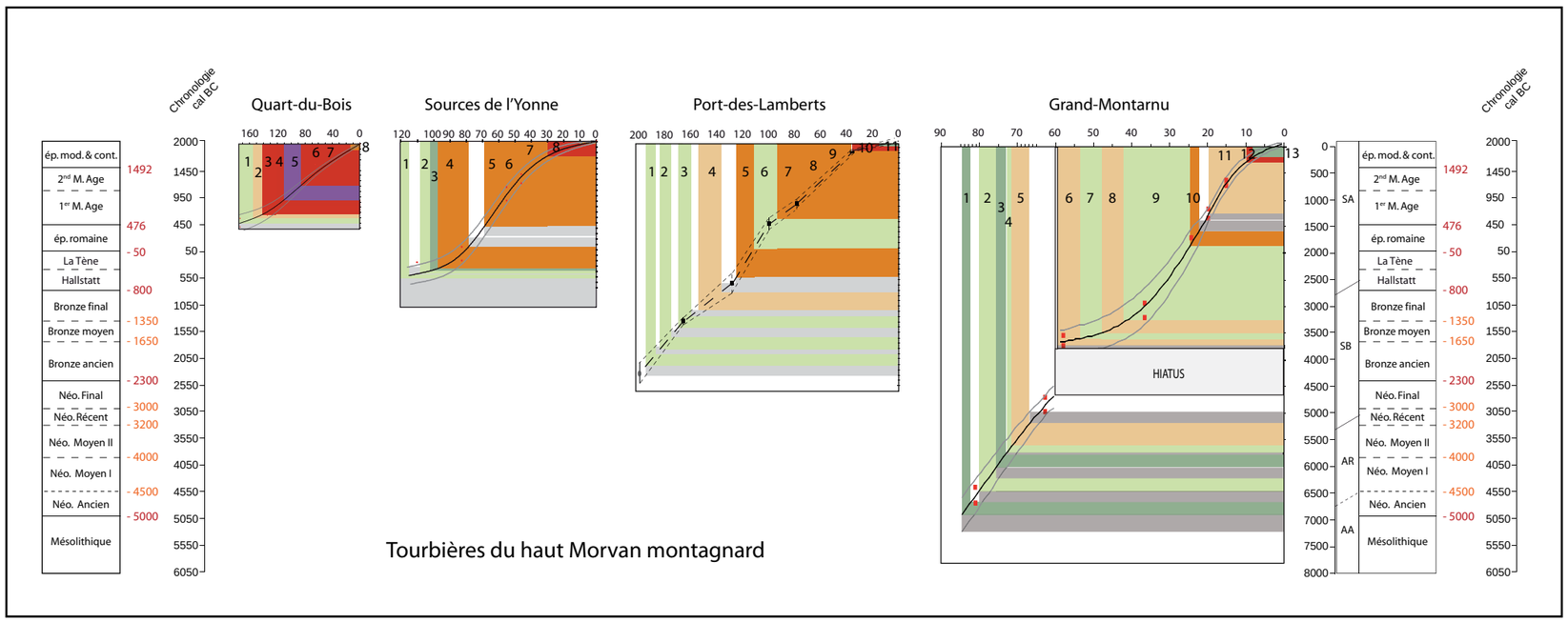



**Fig. A.32.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière du Verny-des-Brûlons, impacts des activités humaines sur le couvert végétal




Tourbières du haut Morvan des collines



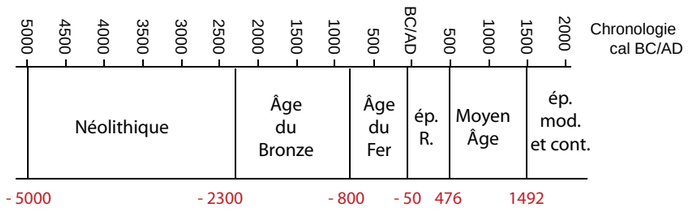



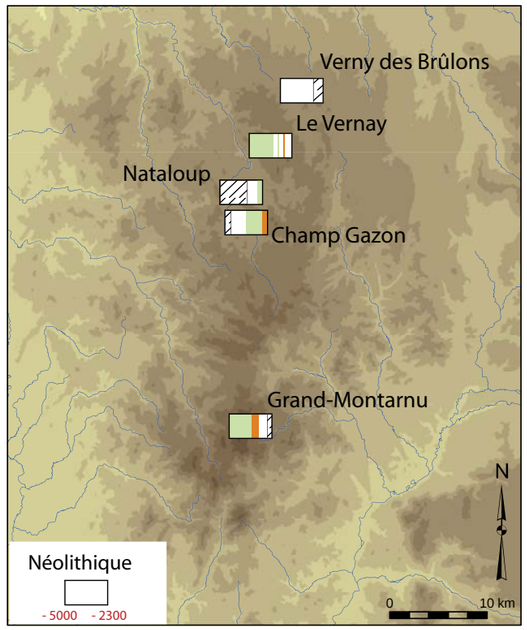

Tourbières du haut Morvan montagnard

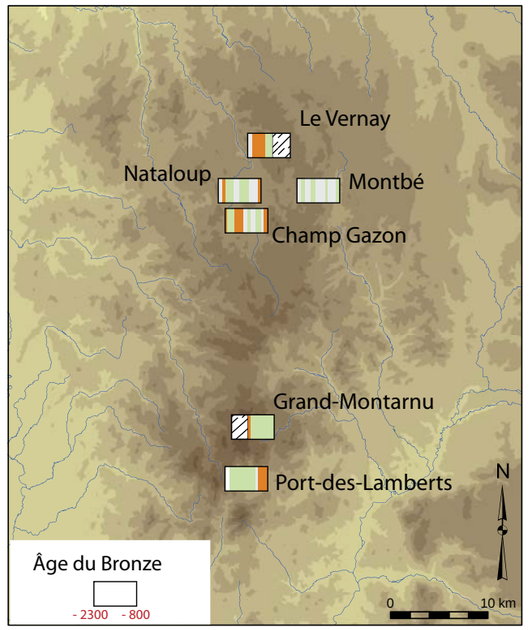
| | | |
|---|---|---|
| | >45 | exceptionnel |
| | 29->45 | très fort |
| | 21->29 | fort |
| | 13->21 | moyennement fort |
| | 9->13 | faible |
| | 3->9 | très faible |
| | 0->3 | absent |

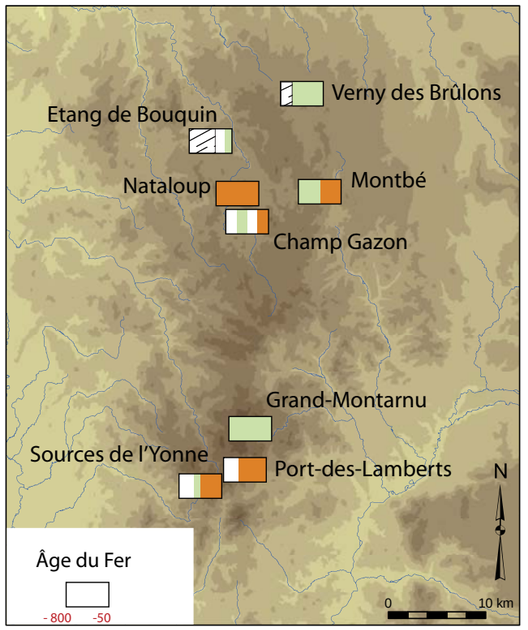
marges d'incertitudes temporelles d'après le modèle âges

**Fig. A.33.** Projections chronostratigraphiques des phases d'impacts anthropiques des 10 séquences de tourbières du Morvan



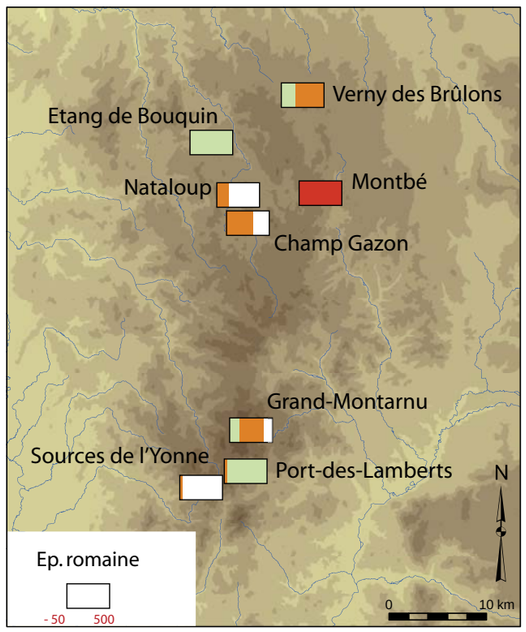



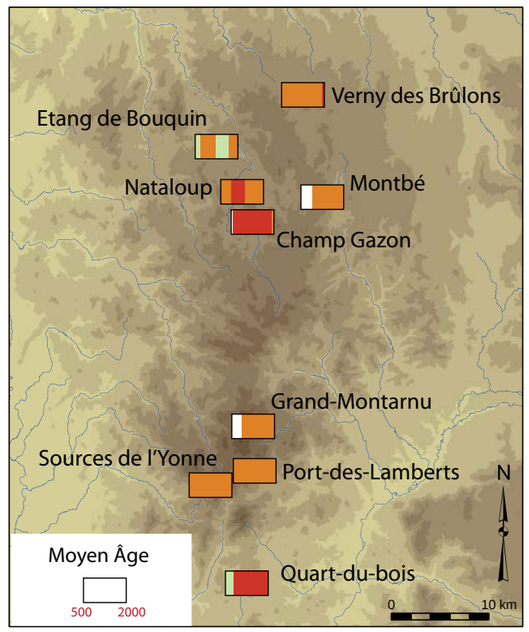



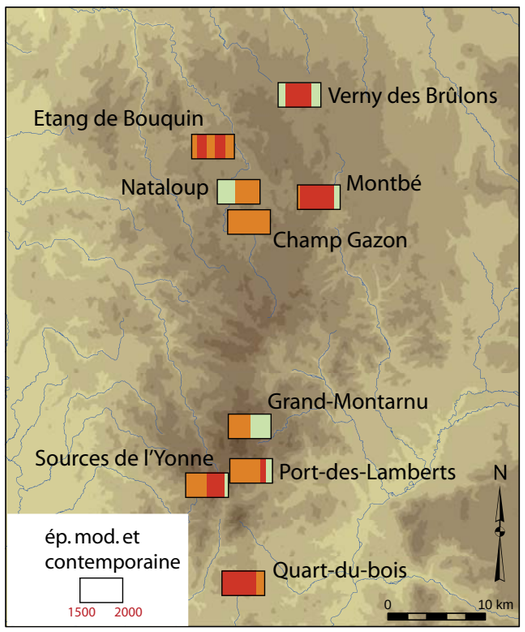









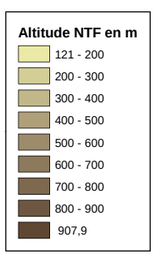




**Fig. A.34.** Représentation simplifiée des principales phases d'impacts des activités humaines sur le couvert végétal du Néolithique à nos jours

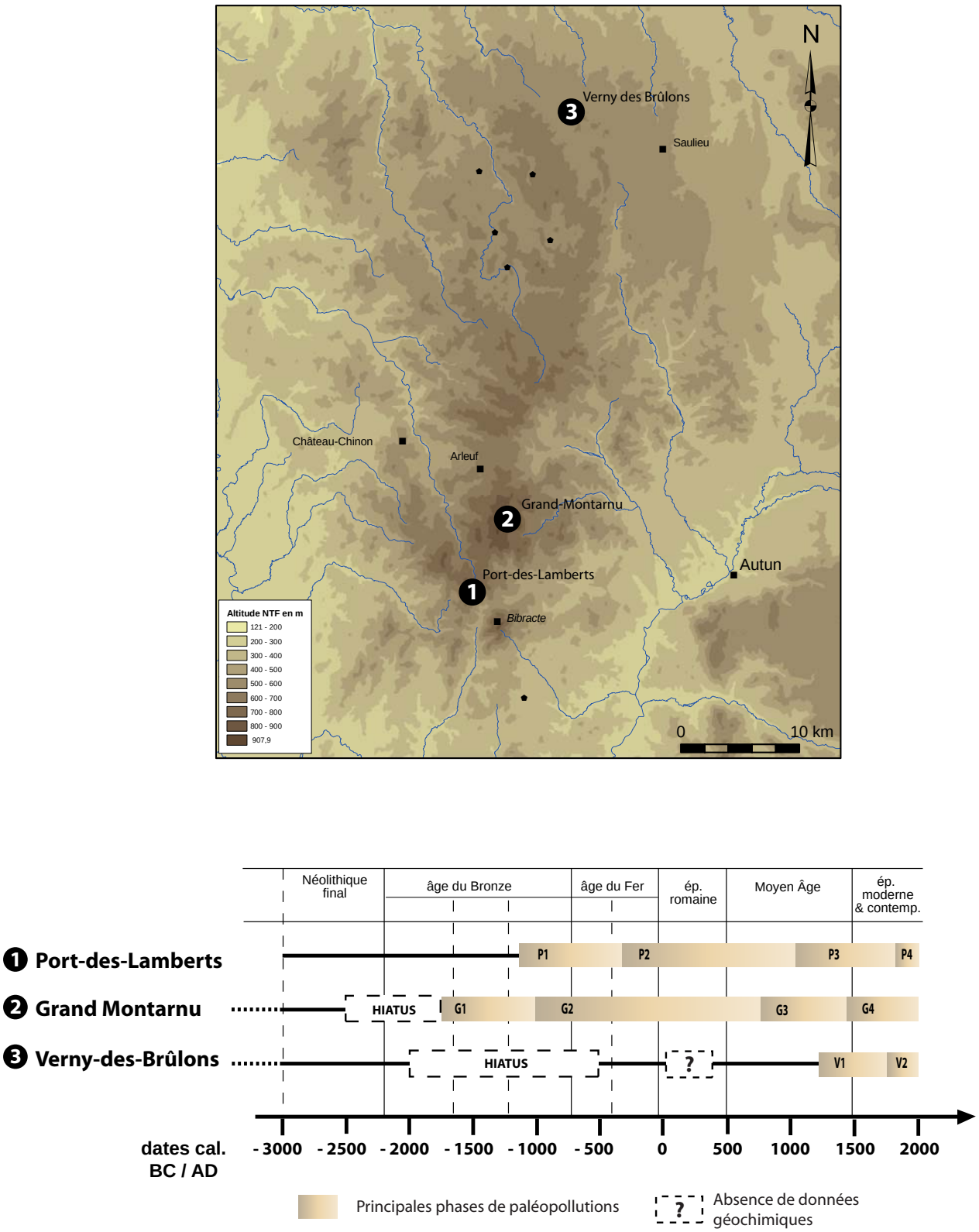
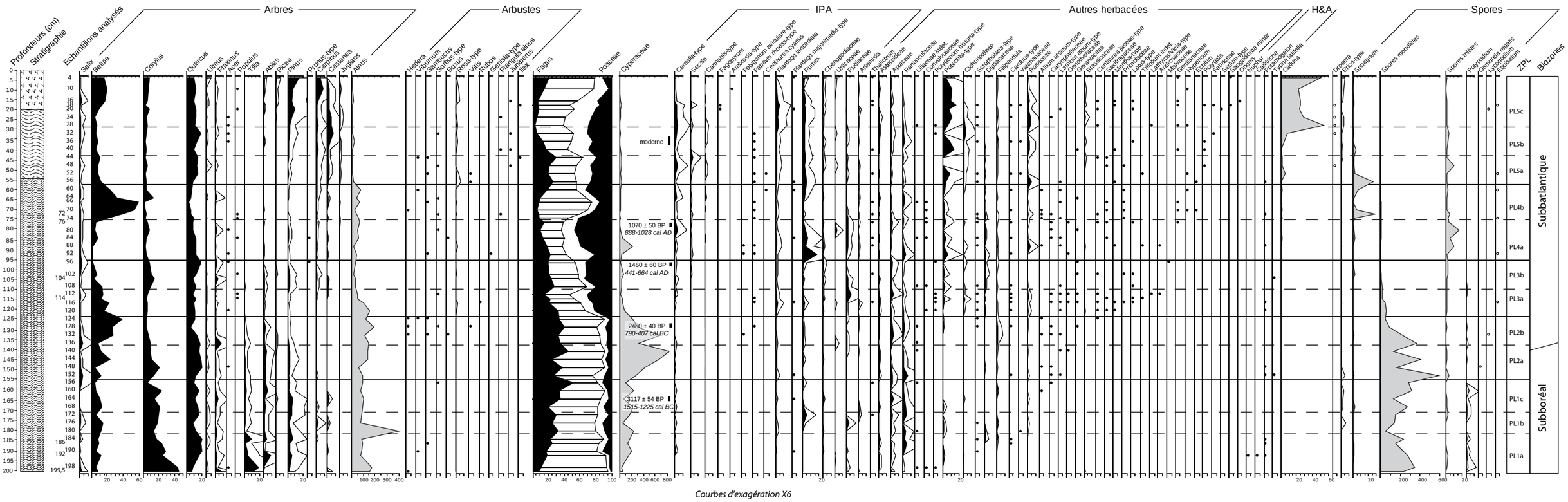



**Fig. A.35.** Schéma synthétique des paléopollutions enregistrées dans les tourbières du Morvan




*Courbes d'exagération X6*

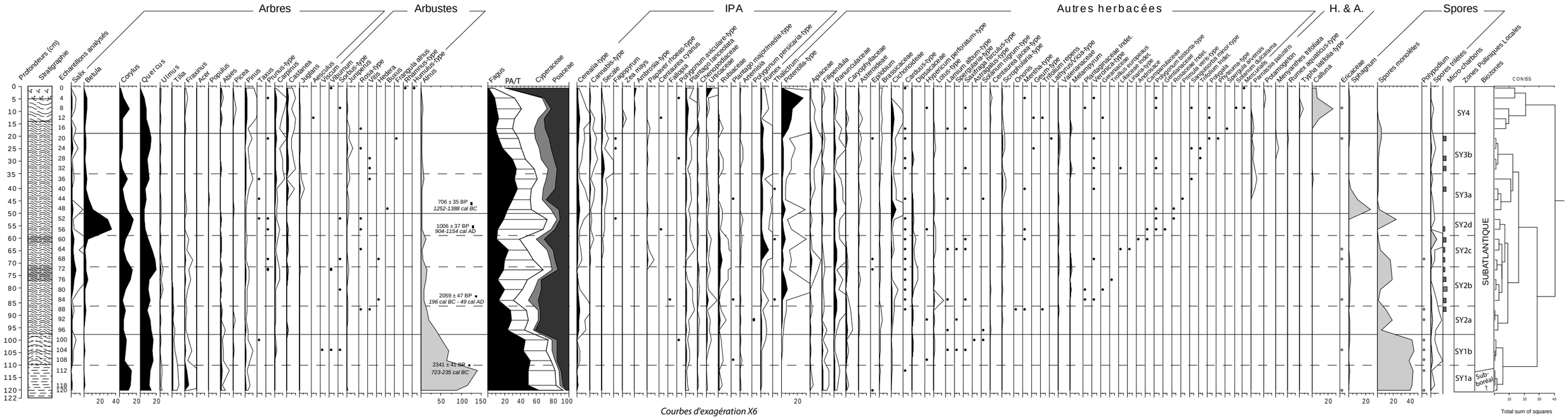
Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe brune fibreuse
- Tourbe brune homogène

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Alnus*, les Cyperaceae, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

**Fig. A.2.** Tourbière du Port-des-Lamberts - Diagramme complet : pollen et spores




Légende de la stratigraphie

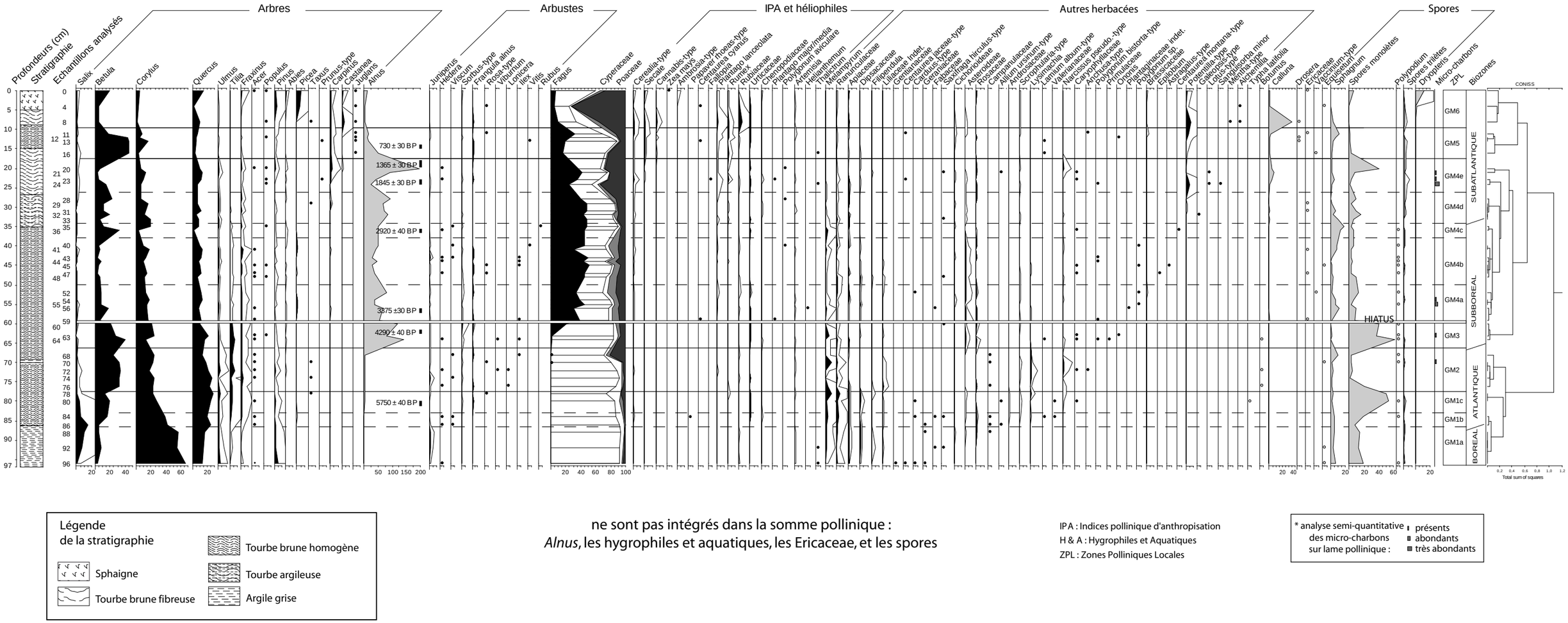
- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe fibreuse peu décomposée
- Tourbe brune homogène
- Tourbe argileuse
- Argile grise
- Passée noirâtre

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative des micro-charbons sur lame pollinique : présents, abondants, très abondants

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Alnus*, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, et les spores

**Fig. A.4.** Tourbière des Sources de l'Yonne - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*




Légende
de la stratigraphie

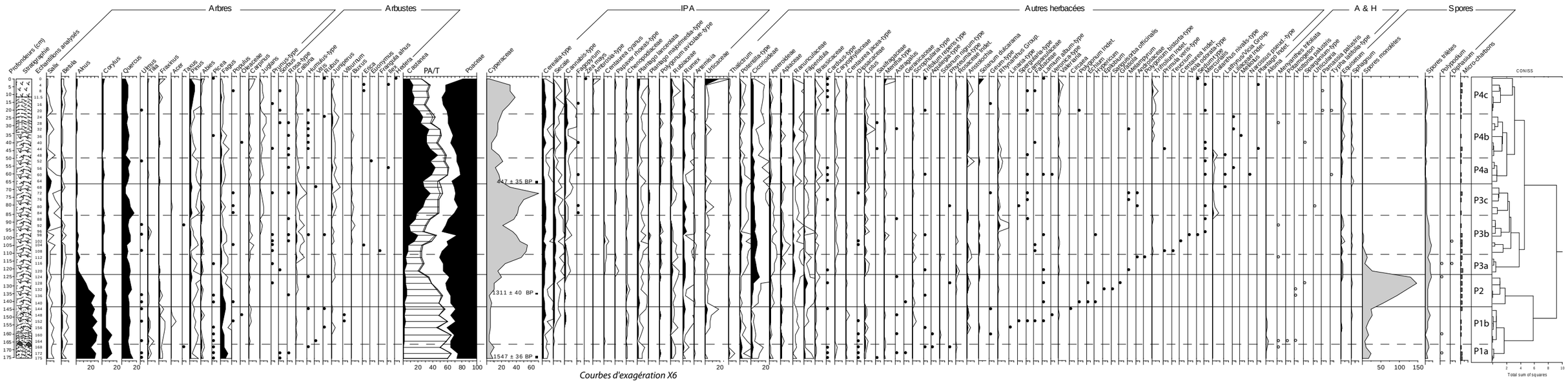
- Sphaigne
- Tourbe brune fibreuse
- Tourbe brune homogène
- Tourbe argileuse
- Argile grise

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Alnus*, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative des micro-charbons sur lame pollinique : présents, abondants, très abondants

**Fig. A.6.** Tourbière du Grand-Montarnu - diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*




Légende de la stratigraphie

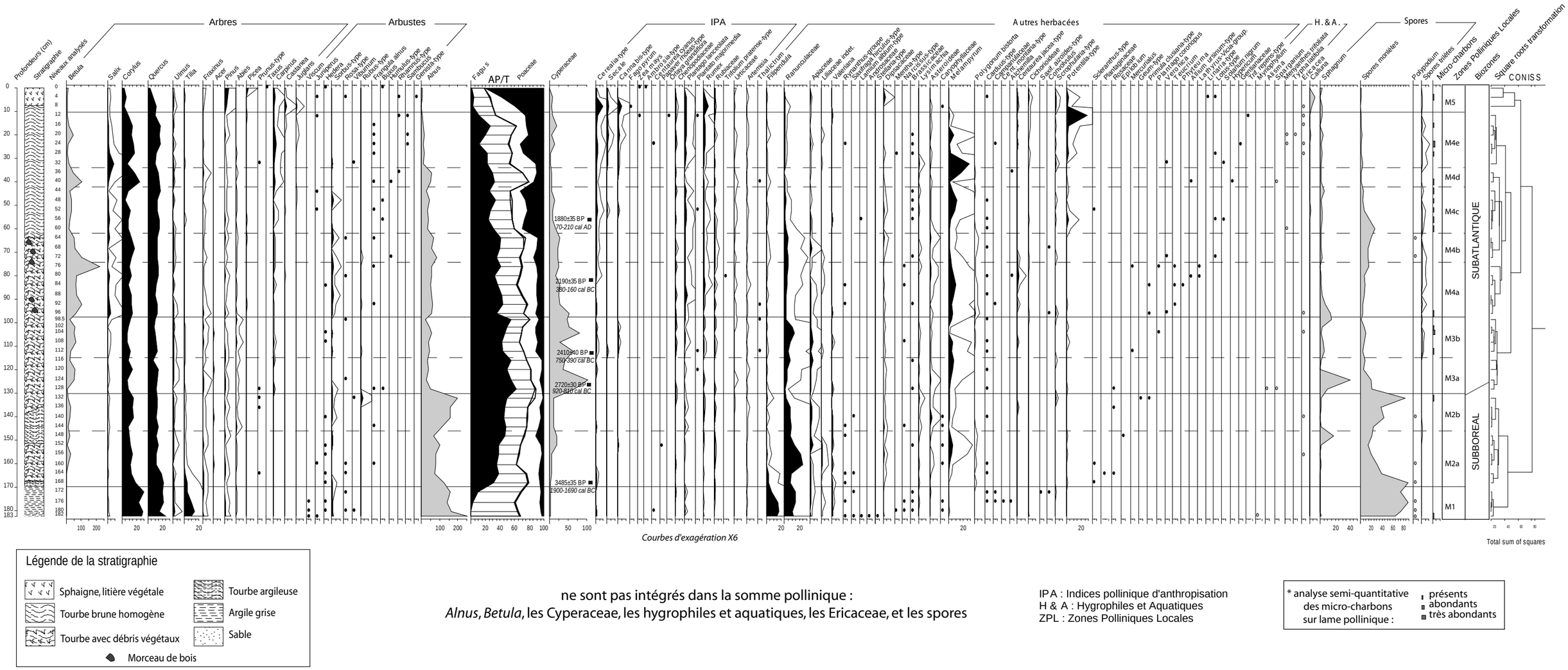
- Litière végétale
- Tourbe argileuse
- Tourbe avec débris végétaux
- Graviers
- Morceaux de bois

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
les Cyperaceae, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative
des micro-charbons
sur lame pollinique : ▮ présence

**Fig. A.8.** Zone humide du Quart-du-Bois (Poil) - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*




Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe brune homogène
- Tourbe avec débris végétaux
- Morceau de bois
- Tourbe argileuse
- Argile grise
- Sable

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Alnus*, *Betula*, les Cyperaceae, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, et les spores

IPA : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative des micro-charbons sur lame pollinique : présents, abondants, très abondants

**Fig. A.10.** Tourbière de Montbé - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*

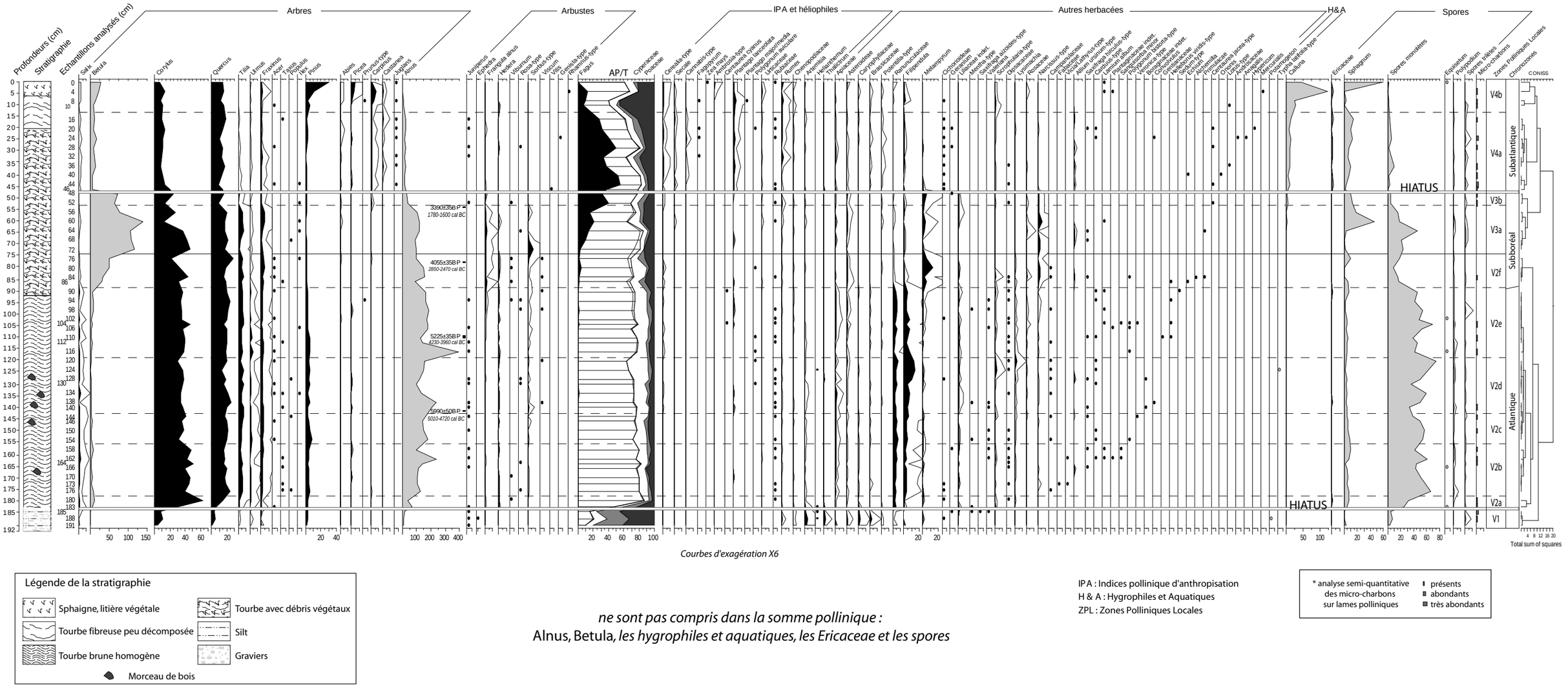
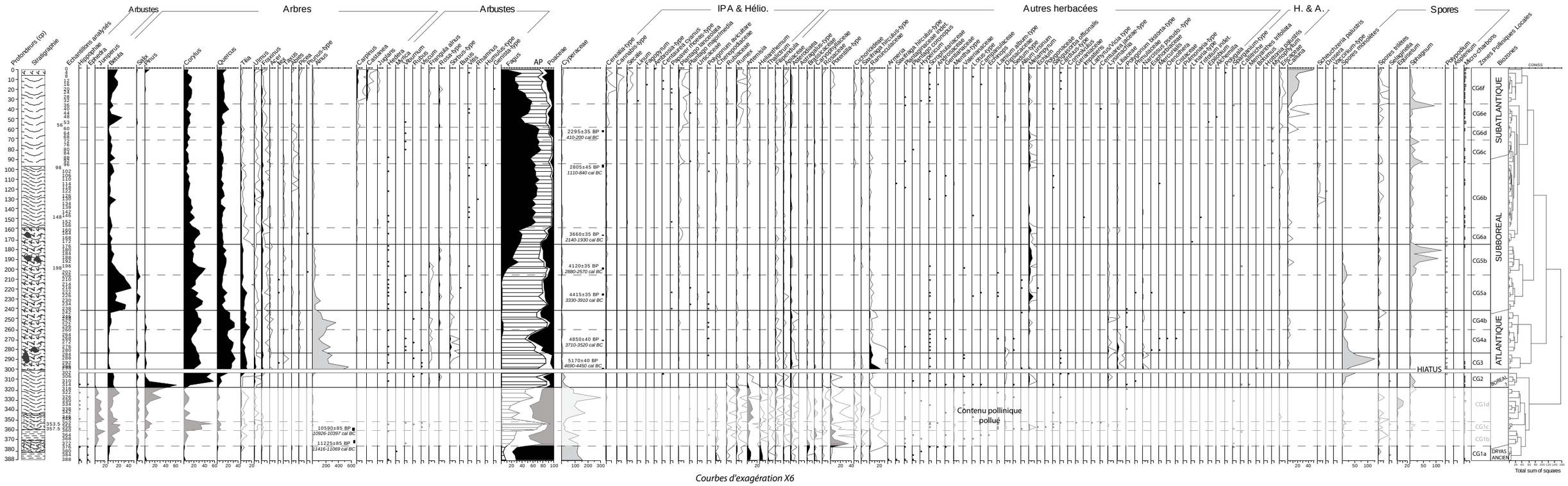



**Fig. A.12.** Tourbière du Vernay - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*




*Courbes d'exagération X6*

Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe fibreuse peu décomposée
- Tourbe brune homogène
- Tourbe avec débris végétaux
- Tourbe argileuse
- Argile grise
- Morceau de bois

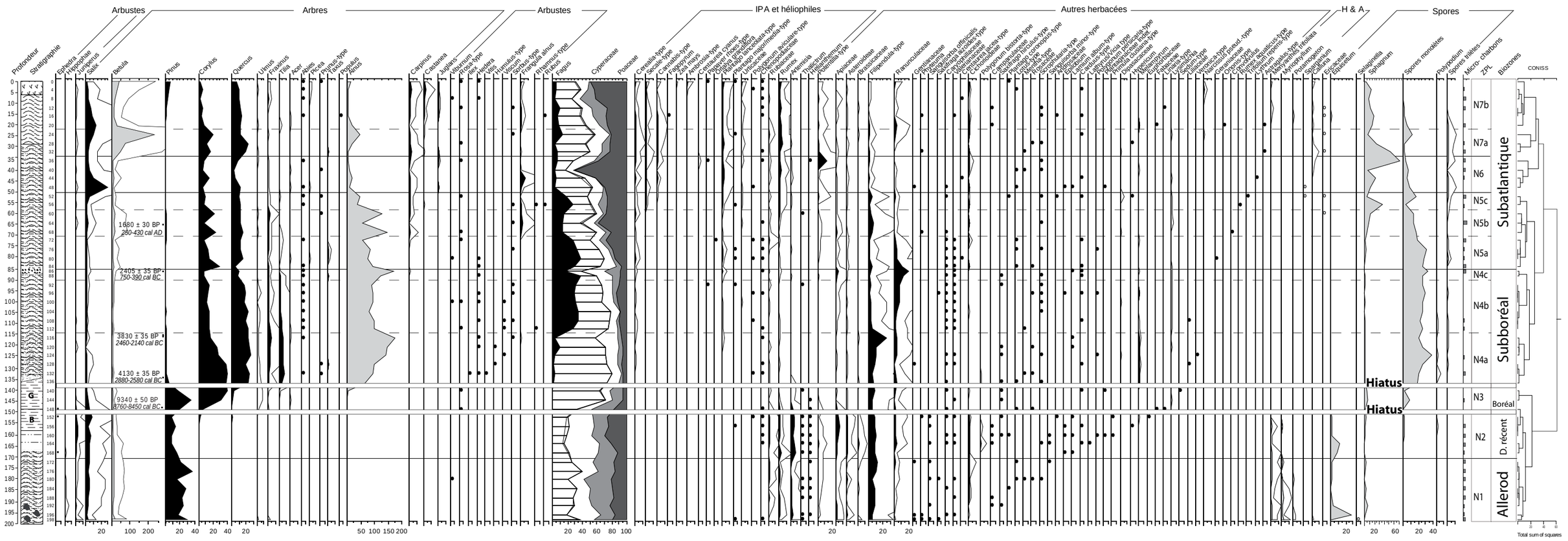
ne sont pas compris dans la somme pollinique :
*Alnus*, les Cyperaceae, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, *Scheuchzeria palustris* et les spores

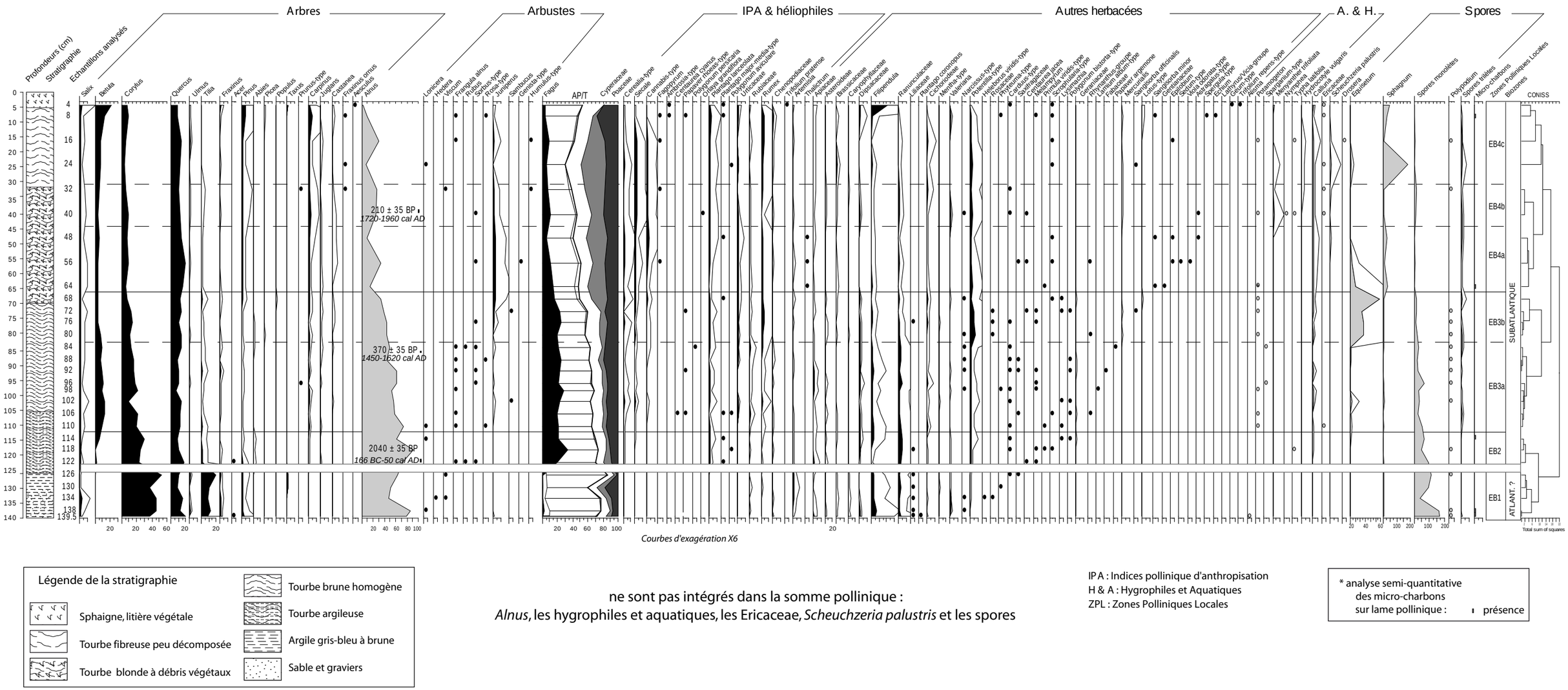
IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative des micro-charbons sur lames polliniques

- présents
- abondants
- très abondants

**Fig. A.14.** Tourbière de Champs Gazon - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*


Arbustes
Arbres
Arbustes
IPA et héliophiles
Autres herbacées
H & A
Spores
Profondeur
Stratigraphie
Ephedra
Hippophae
Juniperus
Salix
Betula
Pinus
Corylus
Quercus
Ulmus
Fraxinus
Tilia
Acer
Abies
Picea
Prunus-type
Taxus
Populus
Alnus
Carpinus
Castanea
Juglans
Viburnum
Rosa-type
Hedera
Vitis
Humulus-type
Viscum
Sorbus-type
Frangula alnus
Ericaceae
Buxus
Cyperaceae
Poaceae
Cerealia-type
Secale-type
Cannabis-type
Lapsana
Ambrosia-type
Centaurea cyanus
Cichorioideae
Digitalis-type
Plantago lanceolata
Plantago major/media-type
Urticaceae
Polygonum aviculare-type
Rumex
Rubiaceae
Artemisia
Thalictrum
Helianthemum
Potentilla-type
Apiaceae
Asteroideae
Brassicaceae
Filipendula-type
Ranunculaceae
Gentianaceae
Dryas
Saxifraga oppositifolia
Caryophyllaceae
Silene-type
Melandrium
Chenopodiaceae
Polygonum bistorta-type
Caryophyllaceae
Plantago lanceolata-type
Plantago coronopus-type
Mentha-type
Lysimachia
Scrophulariaceae
Campanulaceae
Epilobium
Lotus-type
Anthyllis vulneraria-type
Trifolium pratense-type
Trifolium repens-type
Vicia-type
Fabaceae
Hypericum
Geranium
Linaceae
Linum
Rhinanthus-type
Valeriana officinalis
Dipsacaceae
Succisa pratensis-type
Knautia arvensis-type
Scabiosa
Asteraceae (subf. Asteroideae)
Asteraceae (subf. Cichorioideae)
Tubuliflorae
Cirsium-type
Carduus-type
Centaurea nigra-type
Centaurea jacea-type
Lactuca-type
Taraxacum-type
Achillea-type
Artemisia
Senecio-type
Asteraceae (subf. Tubuliflorae)
Liguliflorae
Cerealia-type
Secale-type
Poaceae
Cyperaceae
Filipendula-type
Ranunculaceae
Rumex
Urtica
Plantago major/media-type
Plantago lanceolata-type
Polygonum aviculare-type
Polygonum bistorta-type
Rubiaceae
Thalictrum
Helianthemum
Potentilla-type
Apiaceae
Asteroideae
Brassicaceae
Caryophyllaceae
Silene-type
Melandrium
Chenopodiaceae
Dryas
Saxifraga oppositifolia
Gentianaceae
Lotus-type
Anthyllis vulneraria-type
Trifolium pratense-type
Trifolium repens-type
Vicia-type
Fabaceae
Hypericum
Geranium
Linaceae
Linum
Rhinanthus-type
Valeriana officinalis
Dipsacaceae
Succisa pratensis-type
Knautia arvensis-type
Scabiosa
Asteraceae (subf. Asteroideae)
Asteraceae (subf. Cichorioideae)
Tubuliflorae
Cirsium-type
Carduus-type
Centaurea nigra-type
Centaurea jacea-type
Lactuca-type
Taraxacum-type
Achillea-type
Artemisia
Senecio-type
Asteraceae (subf. Tubuliflorae)
Liguliflorae
Lactuca-type
Taraxacum-type
Achillea-type
Artemisia
Senecio-type
Asteraceae (subf. Tubuliflorae)
Liguliflorae
Cirsium-type
Carduus-type
Centaurea nigra-type
Centaurea jacea-type




Légende de la stratigraphie

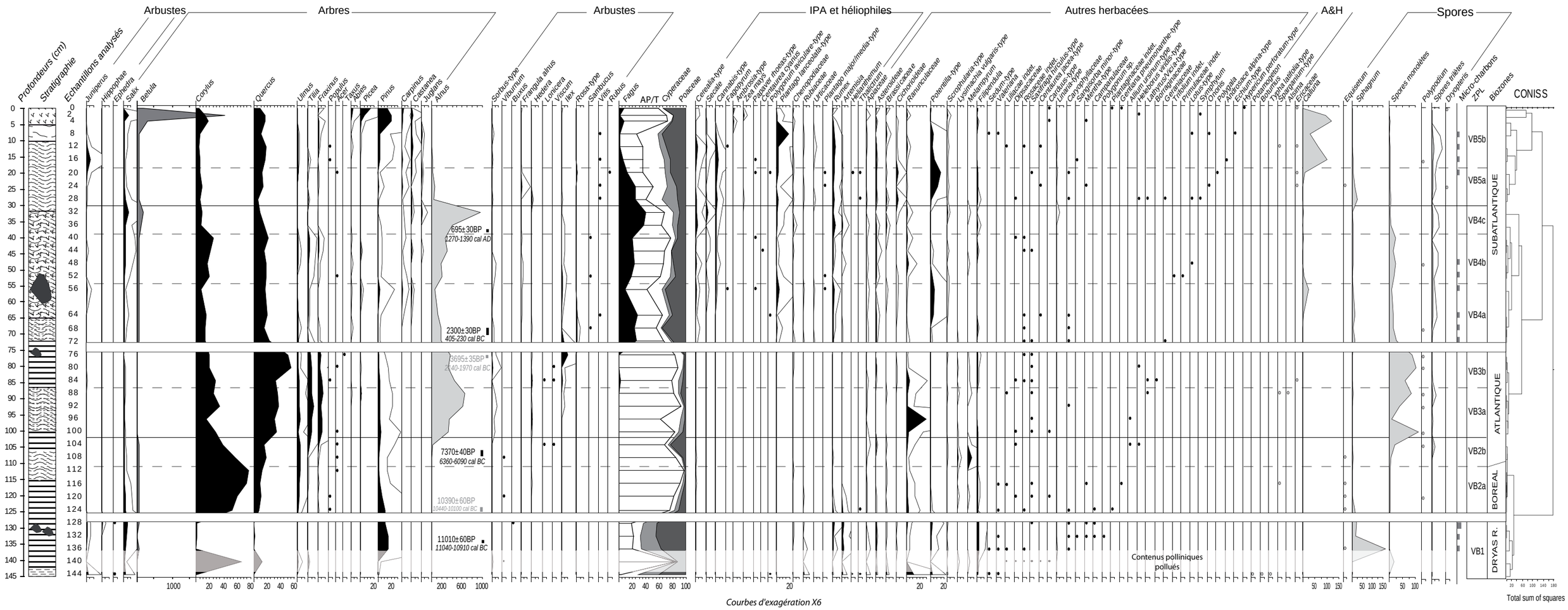
- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe fibreuse peu décomposée
- Tourbe blonde à débris végétaux
- Tourbe brune homogène
- Tourbe argileuse
- Argile gris-bleu à brune
- Sable et graviers

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Alnus*, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, *Scheuchzeria palustris* et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative
des micro-charbons
sur lame pollinique : ▮ présence

**Fig. A.18.** Tourbière de l'étang de Bouquin - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*




Légende de la stratigraphie

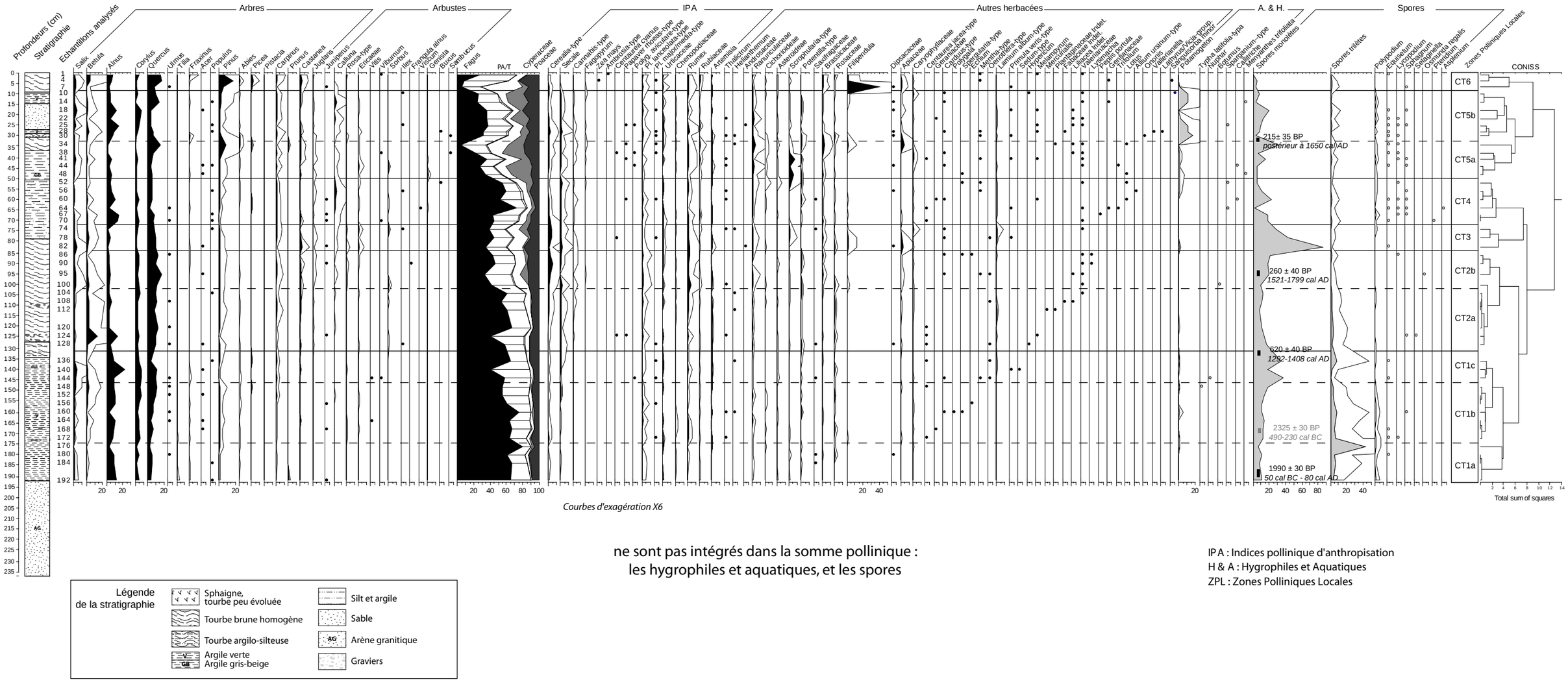
- Sphaigne, litière végétale
- Tourbe peu décomposée
- Tourbe brune homogène
- Morceau de bois
- Tourbe avec débris végétaux
- Tourbe très évoluée
- Niveaux organiques lités vert/brun
- Argile gris/beige

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique :
*Betula, Alnus*, les hygrophiles et aquatiques, les Ericaceae, et les spores

IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

* analyse semi-quantitative
des micro-charbons sur lame pollinique : abondants, très abondants

**Fig. A.20.** Tourbière du Verny-des-Brûlons - Diagramme complet : pollen, spores et micro-charbons*



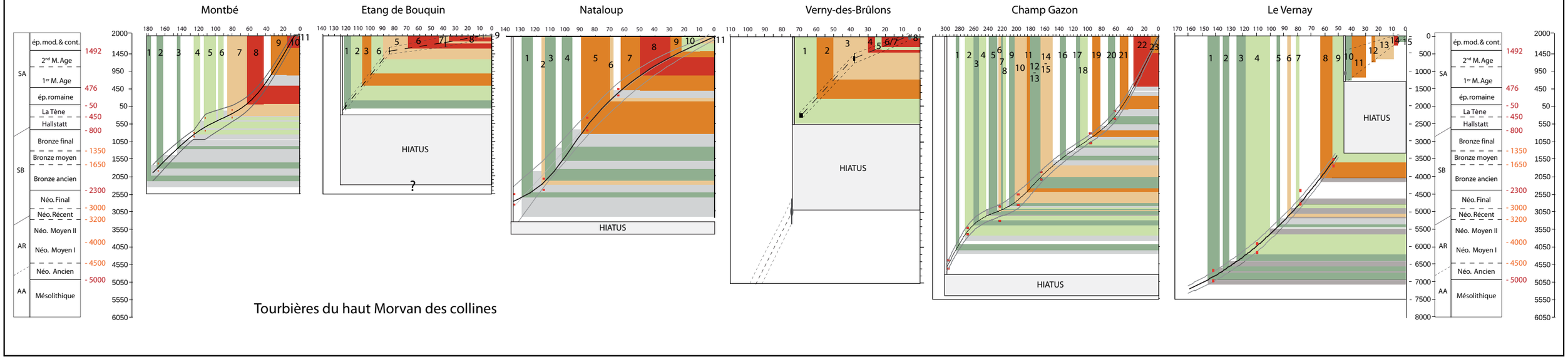

Légende de la stratigraphie

- Sphaigne, tourbe peu évoluée
- Tourbe brune homogène
- Tourbe argilo-silteuse
- Argile verte / Argile gris-beige
- Silt et argile
- Sable
- Arène granitique
- Graviers

ne sont pas intégrés dans la somme pollinique : les hygrophiles et aquatiques, et les spores

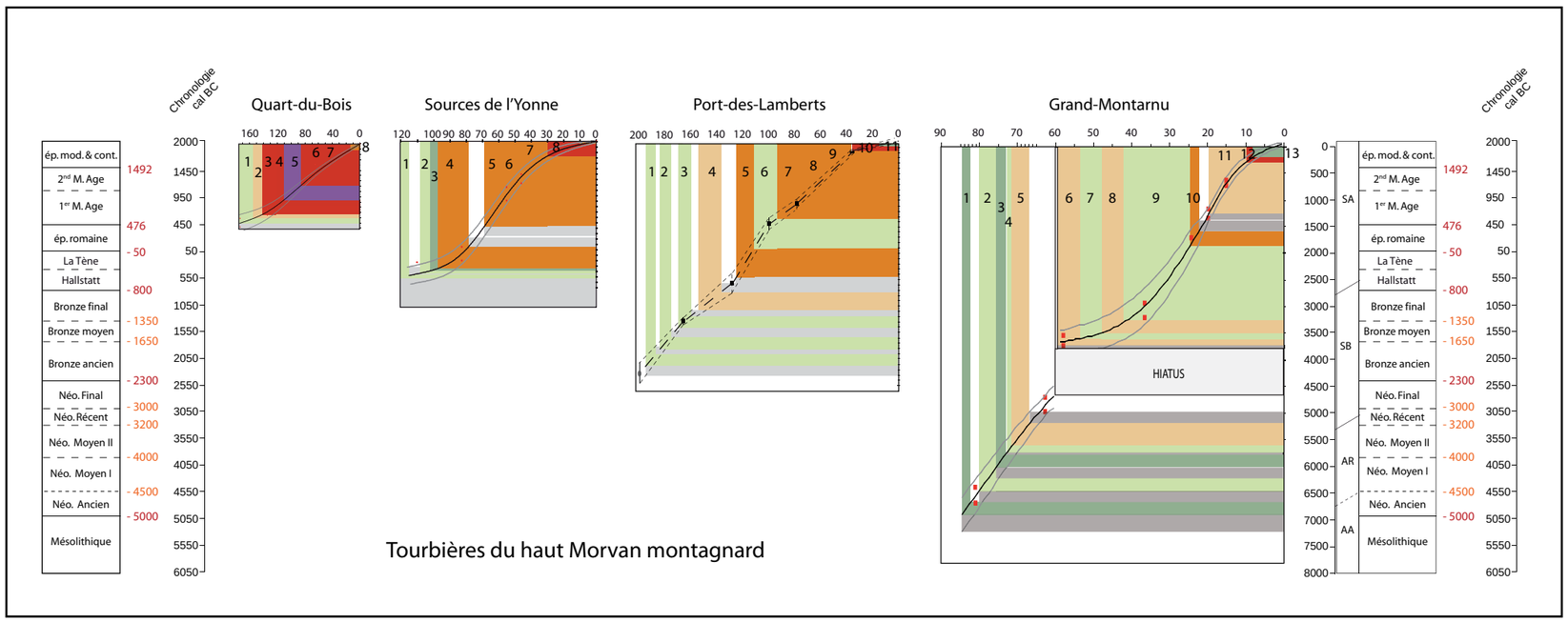
IP A : Indices pollinique d'anthropisation
H & A : Hygrophiles et Aquatiques
ZPL : Zones Polliniques Locales

**Fig. A.22.** Canal du Touron - Diagramme complet : pollen et spores




Tourbières du haut Morvan des collines



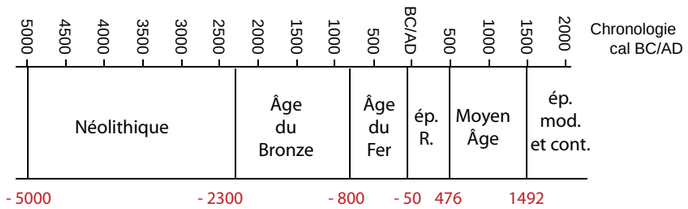



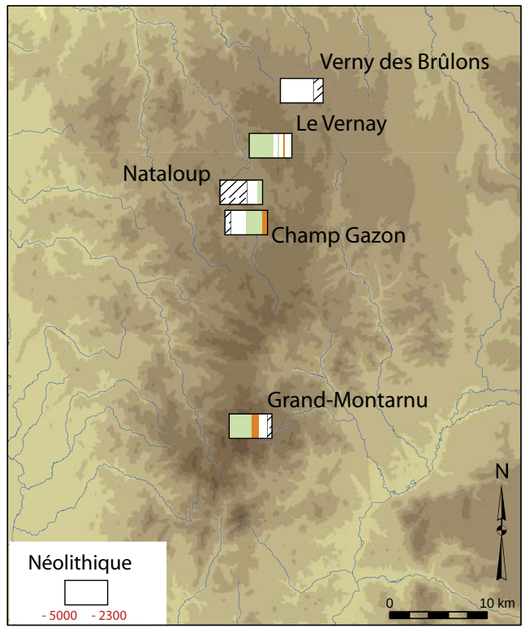

Tourbières du haut Morvan montagnard

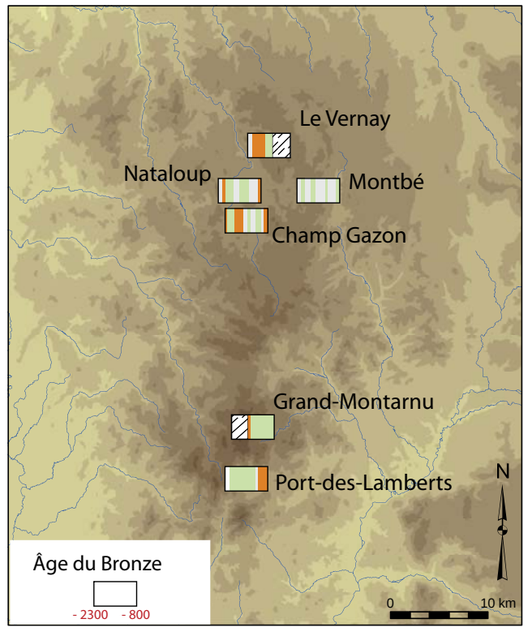
| | | |
|---|---|---|
| | >45 | exceptionnel |
| | 29->45 | très fort |
| | 21->29 | fort |
| | 13->21 | moyennement fort |
| | 9->13 | faible |
| | 3->9 | très faible |
| | 0->3 | absent |

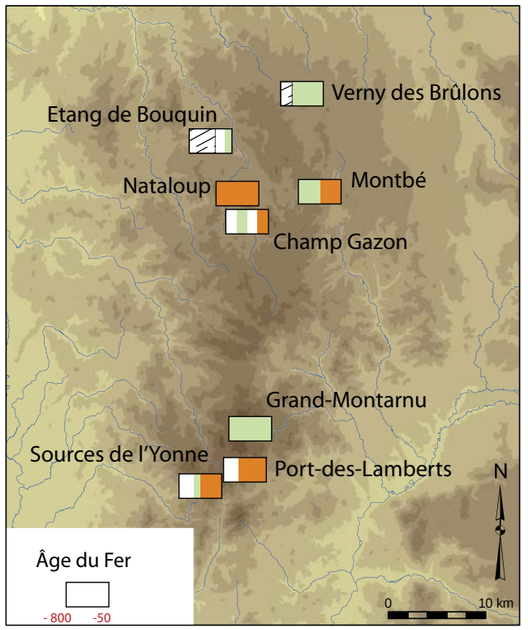
marges d'incertitudes temporelles d'après le modèle âges

**Fig. A.33.** Projections chronostratigraphiques des phases d'impacts anthropiques des 10 séquences de tourbières du Morvan



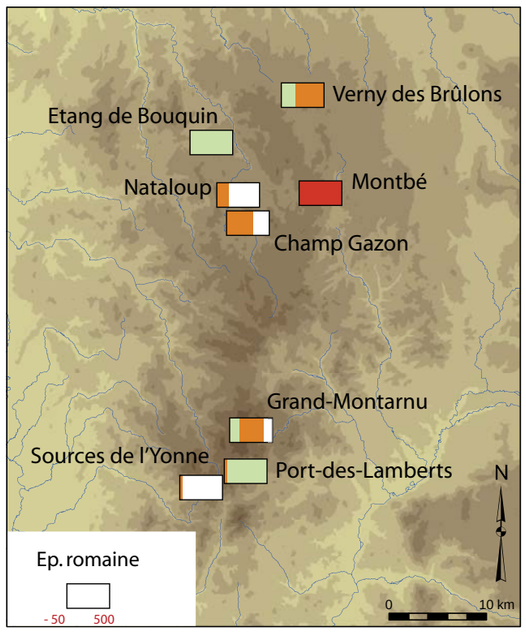



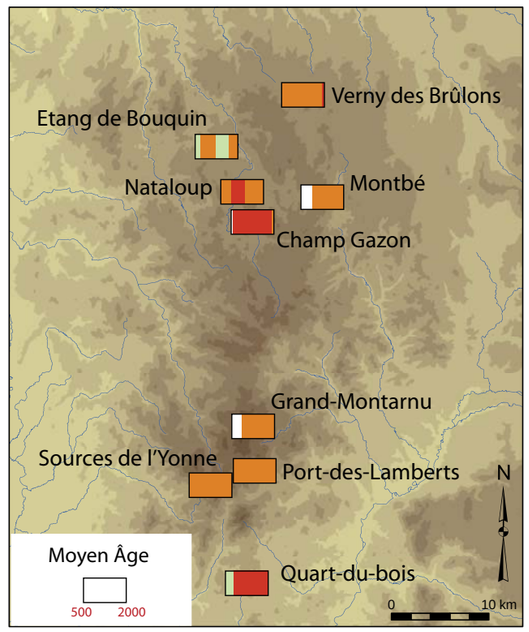



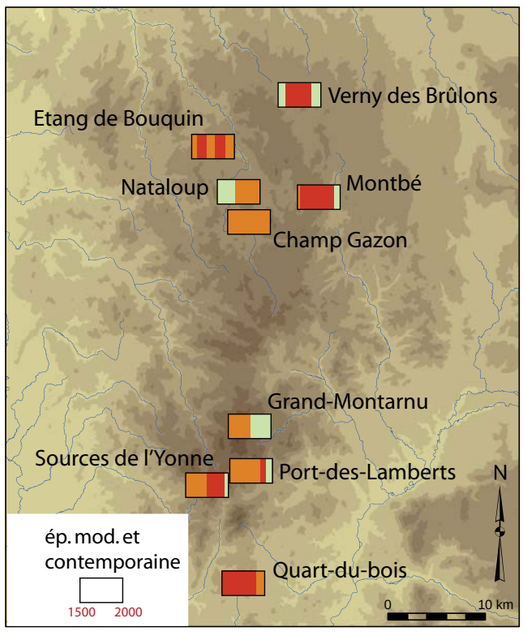









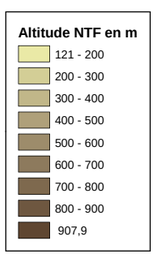




**Fig. A.34.** Représentation simplifiée des principales phases d'impacts des activités humaines sur le couvert végétal du Néolithique à nos jours

**UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ**

**ÉCOLE DOCTORALE «LANGAGES, ESPACES, TEMPS, SOCIÉTÉS»**

Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur en

**ARCHÉOLOGIE, TERRITOIRE ET ENVIRONNEMENT**

# ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION DU MASSIF DU MORVAN (BOURGOGNE - FRANCE) DEPUIS LA DERNIÈRE GLACIATION À PARTIR DE L'ANALYSE POLLINIQUE. VARIATIONS CLIMATIQUES ET IMPACT DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES.

Vol. 2 Annexes

Présentée et soutenue publiquement par

**Isabelle JOUFFROY-BAPICOT**

Le 30 juin 2010

Sous la direction de Hervé Richard et Émilie Gauthier

Membres du Jury :

Philippe ALLÉE, Professeur à l'université de Limoges, Rapporteur
Olivier BUCHSENSCHUTZ, Directeur de recherche au CNRS, ENS Paris
Émilie GAUTHIER, Maître de conférence à l'université de Franche-Comté
Jean-Nicolas HAAS, Professeur à l'université d'Innsbruck, Rapporteur
Dominique MARGUERIE, Directeur de recherche au CNRS, UMR 6566, Rennes
Christophe PETIT, Maître de conférence HDR à l'université de Bourgogne
Hervé RICHARD, Directeur de recherche au CNRS, UMR 6249, Besançon

# ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION DU MASSIF DU MORVAN (BOURGOGNE - FRANCE) DEPUIS LA DERNIÈRE GLACIATION À PARTIR DE L'ANALYSE POLLINIQUE. VARIATIONS CLIMATIQUES ET IMPACT DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES.

## Vol. 2 Annexes

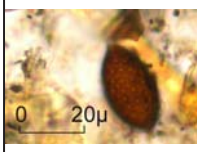
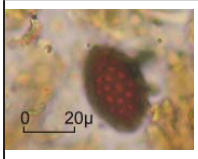
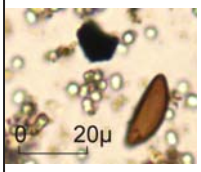
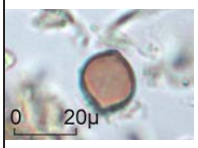
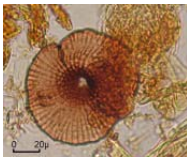
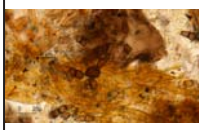
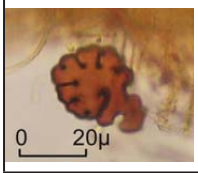
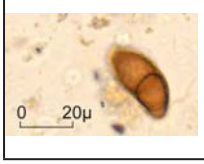
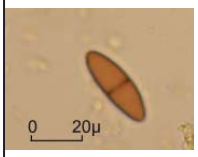
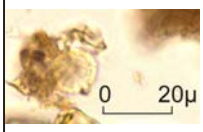
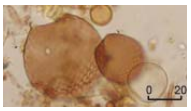
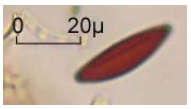
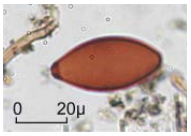
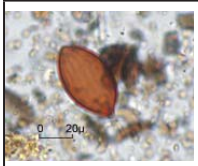
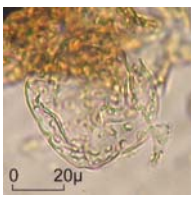
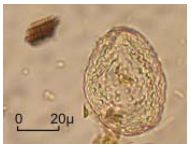
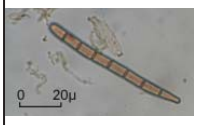
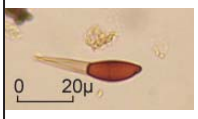
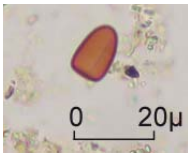
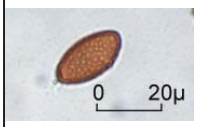
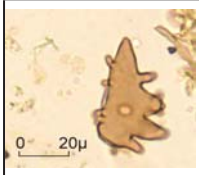
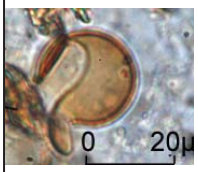
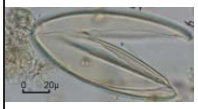
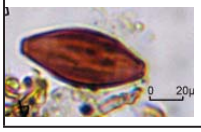
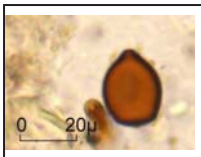
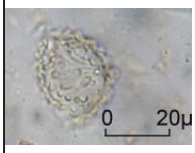
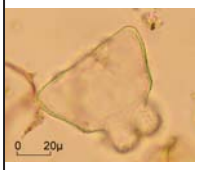
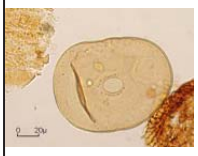
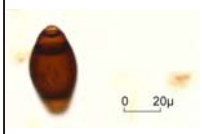
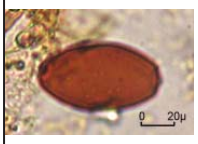
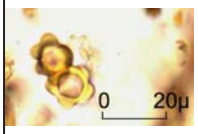
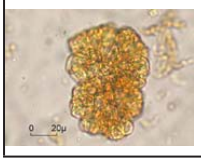
| Photographie | Code | Nom | Type | Identification / Ecologie |
|---|---|---|---|---|
|  | T1 | *Gelinaspora* sp. | ascospore | Les champignons du genre *Gelinaspora* sont fimicoles, carbonicoles et lignicoles (Lundqvist 1972). lls affectionnent les horizons secs et atteignent leurs plus fortes concentrations dans les niveaux à micro-charbons (van Geel *et al.* 1981, van Geel et Aptroot 2006, Yeloff *et al.* 2007). |
|  | T2 | *Gelinaspora* cf. *reticulispora* | ascospore | Champignon dont la présence est généralement parallèle à celle du type précedent ; même écologie (van Geel *et al.* 1981, van Geel et Aptroot 2006). |
|  * | T3B | *Pleospora* sp. | ascospore | Regroupe plusieurs espèces du même genre, toutes saprophytes, retrouvées principalement sur des débris végétaux. Dans les enregistrements holocènes, on les trouve dans des horizons de tourbe formés en contexte ombrogène et plutôt sec (van Geel et Aptroot 2006). Type qui a aussi été observé sur des débris végétaux dans les bouses de mammouth (Aptroot et van Geel 2006, Yeloff *et al.* 2007). |
|  | T4 | *Anthostomella fuegiana* | ascospore | Champignon parasite d'*Eriophorum vaginatum* (van Geel 1978). |
|  | T6 | *Coniochaeta xyloriispora* | ascospore | Champignon observé dans différents niveaux tourbières bombées holocènes (Aptroot et van Geel 2006) ; en relation avec des niveaux des épisodes de feu dans Yeloff *et al.* (2007). |
|  | T7A | *Chaetomium* sp. | ascospore | Champignon saprophyte, lié à la décomposition de la cellulose ; il peut être lié à toute sorte de plantes en décomposition ou d'excréments. Il est présent en contexte archéologique : supports possibles, paille humide, cuir, excréments… (van Geel 2003, van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T8B | *Microthyrium* sp. | fructification | Différents types de fructifications qui poussent sur les plantes du lieu de dépôt (van Geel 1978). |
|  | T10 | Non identifié | conidie | Spore assurant la reproduction asexuée d'un champignon poussant sur les racines de *Calluna vulgaris*. Indicateur d'assèchement local de la tourbière (van Geel 1978, Yeloff *et al.* 2007). |
|  | T13 | *Entophyctis lobata* | sporange | Champignon dont la présence est restreinte à la partie ombrotrophe des tourbières. Sa présence atteint son maximum dans la tourbe humide à *Sheuchzeria palustris* (van Geel 1978). |
|  | T16 | *Byssothecium circinans* Fuckel | ascospore | Champignon parasite du bois. Dans les tourbières holocènes, on le trouve plutôt dans des conditions méso- à oligotrophes ; correspond à des phases plutôt humides (van Geel et Aptroot 2006), avec un niveau de nappe assez élevé (Yeloff *et al.* 2007). |

**Fig. A.1.** Catalogue des principaux microfossiles non-polliniques (MNP) identifiés au cours de l'analyse des séquences tourbeuses du Morvan

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  | T18 | Non identifié | ascospore | Champignon non-identifié, poussant sur les racines d'*Eriophorum vaginatum* (Mauquoy et van Geel 2007), inféodé à la présence de la plante. Il semble relativement ubiquiste par rapport aux conditions hydrologiques sur des séquences du nord de l'Europe (Yeloff *et al.* 2007), alors qu'il s'avère être un marqueur de conditions climatiques plutôt humides dans le nord de l'Espagne (Mighall *et al.* 2006). |
|  | T27 | *Tilletia sphagni* Naw. | spore globose | Champignon strictement lié à la présence de *Sphagnum* (van Geel 1978) ; plutôt dans des phases de transition de conditions sèches vers des conditions plus humides (Yeloff *et al.* 2007). |
|  | T28 | *Copepoda* | spermato-phore | Petit crustacé qui suggère la présence (temporaire) d'eau libre, milieu ouvert, (van Geel 1978) ; mis en relation avec *Sphagnum* dans des tourbières du nord de l'Espagne (Mighall *et al.* 2006). |
|  | T30 | *Helicoon pluriseptatum* | conidie | Champignon f. Dans des niveaux récents, semble liés aux plantations contemporaines de Picea et Pinus en Angleterre et aux Pays-Bas (Yeloff et al. 2007). |
|  | T31A | *Amphitrema flavum* | thèque | Amibe à thèque (Rhizopode) qui a plutôt des affinités oligotrophes et indique une forte humidité du milieu de dépôt (Beyens 2001, Mitchell *et al.* 2001, Tolonen 1986, van Geel 1978 et Shnitchen *et al.* 2003). |
|  | T32A | *Assulina muscorum* (30-58 µ) | thèque | Amibe à thèque observée dans les tourbes à sphaigne (Beyens, 2001 ; Mitchell *et al.* 2001 ; Tolonen 1986 ; van Geel 1978). Plutôt associée à des phases plus sèches de formation des tourbières (Shnitchen *et al.* 2003). |
| | T32B | *Assulina seminulum* (60-90 µ) | thèque | Amibe à thèque observée dans les tourbes à sphaigne, semble restreinte à la partie ombrotrophe (Beyens 2001, Mitchell *et al.* 2001). |
|  | T37 | ***Callidina angusticollis* (van Geel)** *Habrotrocha angusticollis* (Mitchell) | env. de rotifère | Occurrences régulières dans les tourbières bombées holocènes. Pas d'écologie précisément déterminée en l'état actuel de la recherche (Mauquoy et van Geel 2007). |
|  | T44 | *Ustulina deusta* | ascospore | Parasite du bois, se rencontre sur les souches pourries, les vieux troncs morts ou les racines de la majorité des feuillus des forêts européennes. Dispersion peu lointaine, indique la proximité des arbres hôtes (van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T55A | *Sordaria* sp. | spore | Groupe de champignons de la famille des Sordariales, principalement coprophiles ; fréquents en association avec d'autres coprophiles dans les sédiments archéologiques (van Geel *et al.* 2003). |
|  | T55C | *Neurospora crassa* | ascospore | Champignon carbonicole, indicateur de feu local ; mais n'est pas forcément présent dans tous les niveaux d'incendie (van Geel 2001, van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T61 | *Mougeotia* sp. | zygospore | Algues vertes filamenteuses de la famille des Zygnematacées, se trouvent dans l'eau douce, riche en oxygène, zone stagnante, fonds de lacs, étangs, petites étendues d'eau et sols humides (van Geel 2001). Nécessite la présence d'eau au printemps (Lopez-Saez *et al.* 1998). Certaines espèces pourraient tolérer des conditions mésotrophes d'après diverses études réalisées dans le sud de la France (Lopez-Saez *et al.* 1998). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  | T62 | *Zygnema-type* | zygospore | Algues vertes filamenteuses de la famille des Zygnemataceae, se trouvent dans l'eau douce, riche en oxygène, zone stagnante, fonds de lacs, étangs, petites étendues d'eau et sols humides (van Geel 2001). La production des zygospores nécessite la présence d'eau au printemps (Lopez-Saez *et al.* 1998). Semble tolérer des conditions mésotrophes d'après diverses études réalisées dans le sud de la France (Lopez-Saez *et al.* 1998). |
| | T65 | Inconnu | spore | Champignon que l'on trouve plutôt dans des conditions mésotrophes (van Geel et col. 1998) |
|  | T77A | *Geoglossum sphagnophilum* | ascospore | Champignon sphagnicole, dans les enregistrements holocènes des Pays Bas (van Geel 1978 et van Geel *et al.* 1981) il est présent lors de phases de formation initiale, humides et mésotrophe (van Geel 2002, van Geel et Aptroot 2006). |
| | T85 | *Didymosphaeria massarioides* | ascospore | Présent dans les enregistrements holocènes de tourbières en contexte ombrogène ; toujours en petit nombre (van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T112 | *Cercophora* sp. | spore | Genre d'ascomycète de la famille des Sordariales, principalement coprophile mais peut aussi être trouvé sur du bois pourri, des tiges ou feuilles (van Geel 2003 ; van Geel et Aptroot 2006). Des études en contexte archéologique et naturel confirme son caractère coprophile (Buurman *et al.* 1995, van Geel *et al.* 1981, 1983, 2003…) |
|  | T113 | *Sporormiella sp.* | ascospore | Ascomycète coprophile. De nombreuses études en contexte naturel ont montré sa valeur comme indicateur de la présence de déjections animales (en partie citées dans van Geel et Aptroot 2006). |
| | T123 | Inconnu | spore | Spore de champignon qui semble sensible aux variations hygrométriques, préfère les conditions eutrophes à mésotrophes (van Geel et col. 1998). |
|  | T124 | cf. *Persiciospora* | spore | Champignon communément présent dans les tourbières mésotrophes (van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T126 | *Clasterosporium caricinum* | mycellium | Parasite de *Carex* (Pals *et al.* 1980 ; van Geel *et al.* 1983). Permet d'identifier la présence locale de *Carex* dans la zone étudiée (van Geel et Aptroot 2006). |
|  | T128 | *Volvocaceae* | globose | Famille d'algues vertes unicellulaires, indique la présence d'eau douce, peu profonde et eutrophe (van Geel 19). |
|  | T130 | *Spirogyra* sp. | zygospore | Algue verte de la famille des Zygnemataceae, se trouvent en eaux douces et stagnantes (van Geel 2001) ; développement en conditions eutrophes (Lopez-Saez *et al.* 1998). T130 est psilé, le T315 ornementé, n'a pas été observé. |
|  | T140 | *Valsaria variospora*-type | ascospore | Champignon présent en milieu humide et eutrophe dans les assemblages fossiles (van Geel 2003, van Geel et Aptroot 2006). Marqueur d'eutrophisation du milieu en relation avec le pastoralisme (Miehe *et al.* 2009 ; Ramezani *et al.* 2008). |
|  | T143 | *Diporotheca rhizophila* | ascospore | Champignon parasite, peut-être de *Thelypteris,* et/ou de *Solanum* sp. (van Geel 2003 ; van Geel et Aptroot 2006). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  | T169 | *Tripterospora*-type | ascospore | Genre de la famille des Sordariales ; coprophile, observé dans les sédiments archéologiques (van Geel *et al.* 2003) |
|  | T171 | *Rhytidospora* cf. *tetraspora* | ascospore | Champignons dont toutes les espèces du genre sont coprophiles (van Geel et Aptroot 2006). |
| | T172 | *Coniochaeta ligniaria* | ascospore | Ascomycète coprophile et lignicole ; présent dans des sédiments archéologiques d'époque romaine, où la présence de bétail est attestée (van Geel et Aptroot 2006). |
| | T179 | Non identifié | microfossile | Microfossile vasiforme, probablement reste d'un organisme aquatique invertébré. Indique la présence d'eau stagnante peu profonde. (van Geel *et al.* 1981). |
|  | T181 | Non identifié | microfossile | Microfossile d'origine inconnue, globose ; il semble préférer les conditions eutrophes et il est souvent associé aux Zygnematacées (van Geel *et al.* 1981, van Geel et col. 1983, Lopez-Saez et al. 1998) |
|  | T200 | Non identifié | fungal cell | Provient d'un champignon qui se développe sur des substrats secs, en surface, sur des restes végétaux secs (van Geel *et al.* 1989). |
|  ** | T207 | *Glomus* cf.*fasciculatum* | chlamydo-spores | Spores d'endomycorhize (champignons en symbiose avec les racines de différents végétaux) ; il est donc localisé dans la partie supérieure des sols. Sa présence dans les enregistrements paléoécologiques en lacs et tourbières indiquent des apports érosifs provenant des sols environnants (van Geel 2003). |
|  | T225 | Non identifié | globose | Probablement spore d'organisme aquatique (algue ?).<br>Se développe dans de petites étendues d'eau temporaires, dans des conditions eutrophes à mésotrophes (van Geel *et al.* 1989). |
|  | T332 | *Euastrum* sp. | demi-cellule | Algue verte de la famille des Desmidées (van Geel *et al.* 1989). |
| | T340 | Non identifié | spore mousse | Spore de bryophyte indéterminée (van Geel *et al.* 1989). |
|  | T352 | *Arcella* sp. | thèque | Amibe à thèque ; genre principalement hygrophile (Beyens, 2001 ; Mitchell *et al.* 2001 ; Tolonen 1986) ; se rencontre plutôt dans des stades oligotrophes (Lopez-Saez 1998). |
|  | T353 AetB | *Gyratrix hermaphroditus* | oocyte | Microorganismes d'eau douce de la famille des Neorhabdocoela (classe des Turbellaria), milieu aquatiques et semi aquatique. Ses caractéristiques paléoécologiques ont surtout été étudiées en contexte lacustre (Haas 1996). |
|  * | T357 | *Puccinia* sp. | teleuto-spores | Champignon parasite, « rouille » (van Geel *et al.* 1981) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  | T359 | Non identifié | spore | Groupe de spores de champignons parasites, dont *Brachysporium* sp. et *Bactrodesmium* sp. (van Geel *et al.* 1981) |
|  | T360 | Cf. *Brachysporium* sp. | spore | cf. *Brachysporium* (van Geel et col. 1998). Champignon saprophyte lignophage (Kiffer et Morelet 1997, van Geel *et al.* 1981). |
|  | T368 | *Podospora* | ascospore | Genre d'ascomycète de la famille des Sordariales, coprophile (van Geel 2003 ; van Geel et Aptroot 2006). Commun sur les sites archéologiques (Buurman *et al.* 1995, van Geel *et al.* 1981, 1983, 2003), dans les excréments de mammouth (Aptroot et van Geel 2006), en tourbière, lié à des indices polliniques de pâturage (Almeida-Lenero *et al.* 2005). |
| | T492 | Non identifié | globose | Microfossile le plus souvent observé dans la tourbe très décomposée (van Smeerdijk 1989). |
| | T494 | Non identifié | spore | Spore de champignon qui semble associée aux touradons de molinie (van Smeerdijk 1989). |
|  | T496 | Non identifié | spore | Spore de champignon qui semble associée aux touradons de molinie (van Smeerdijk 1989). |
|  | T766 | *Botryoccocus* | zygospore | Algue coloniale (van Geel 2001) |

Sauf mention contraire les clichés sont de l'auteur

* Photo. A. Laine - Lab. Chrono-environnmement
** Photo. E. Gauthier - Lab. Chrono-environnmement

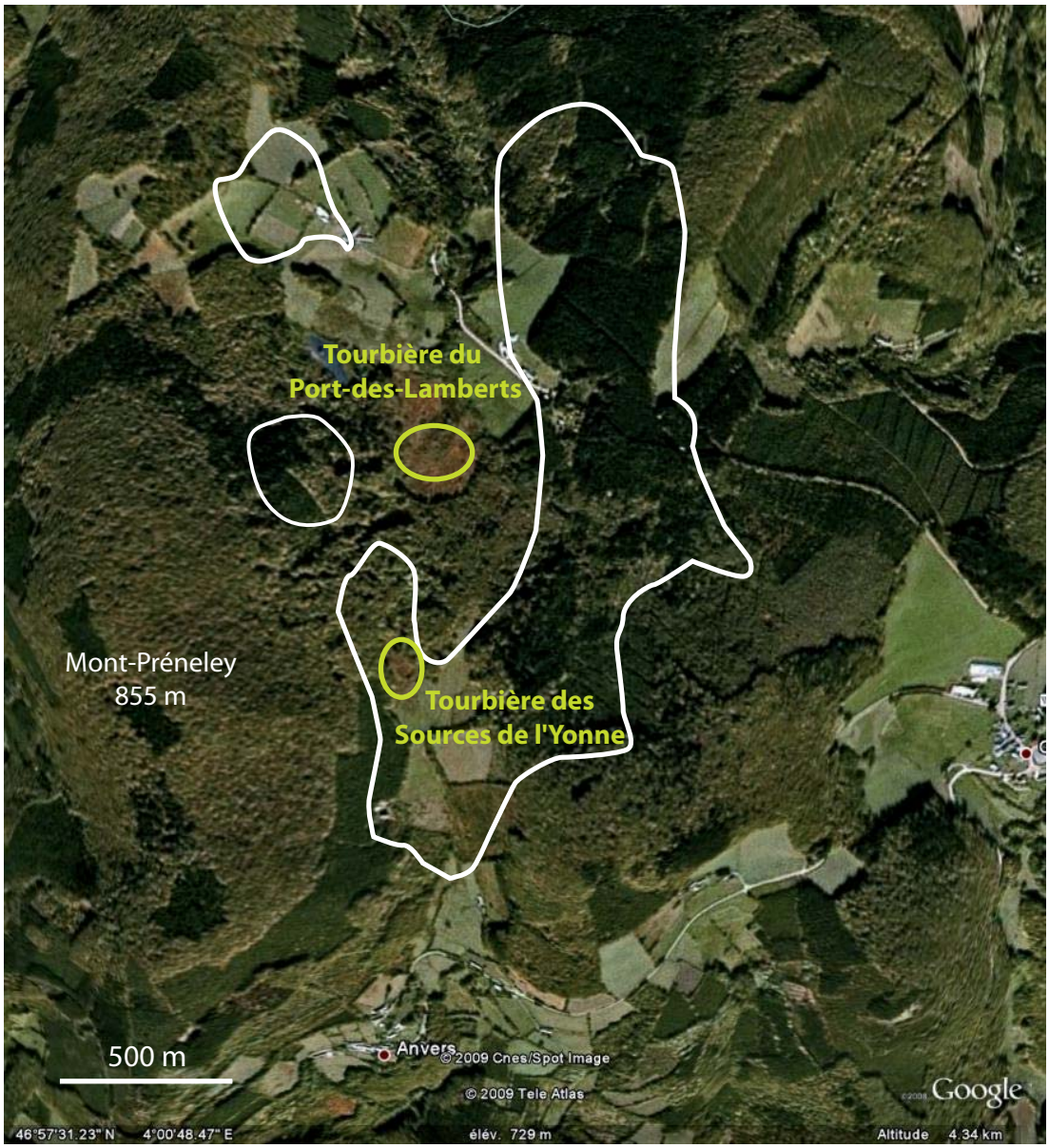



**Fig. A.3.** Localisation des tourbières des Sources de l'Yonne et du Port-des-Lambert dans le haut Morvan montagnard - Trait blanc : limites de l'emprise spatiale de l'agglomération de la fin du dernier siècle de notre ère, d'après les prospections archéologiques

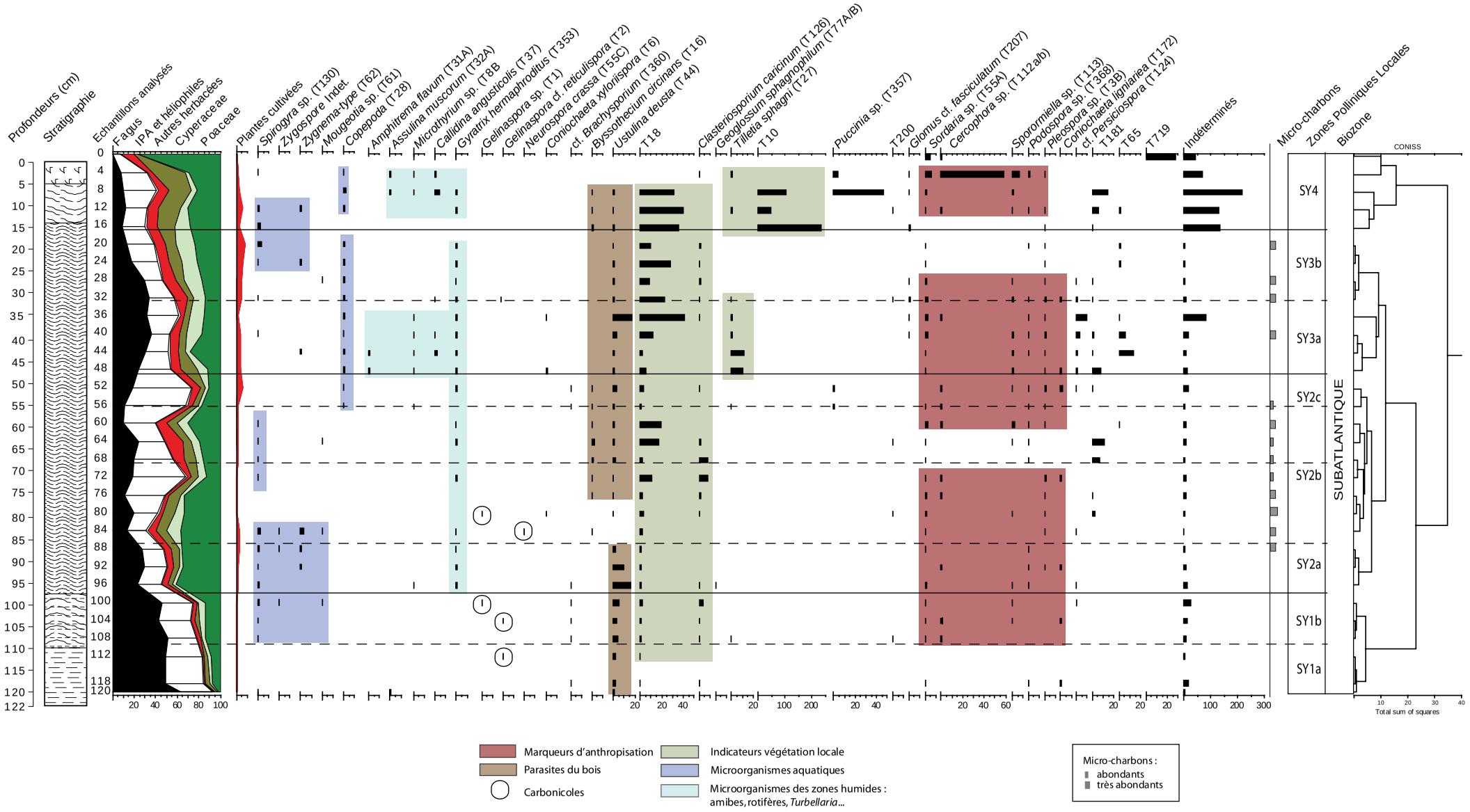



**Fig. A.5.** Tourbière des Sources de l'Yonne - Diagramme des Microfossiles Non Polliniques (MNP)

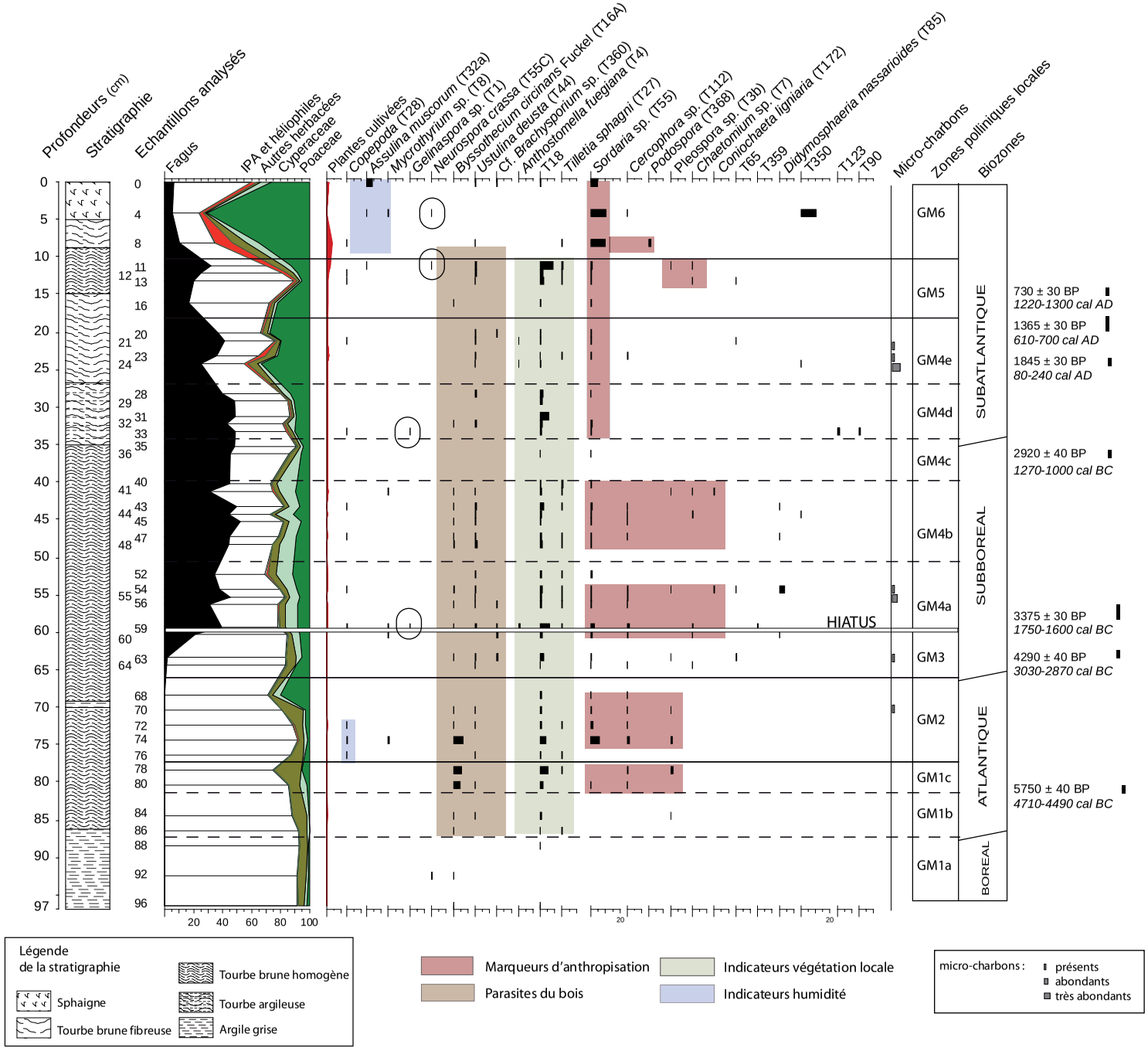



**Fig. A.7.** Tourbière du Grand-Montarnu - Diagramme des principaux Microfossiles Non Polliniques (MNP)

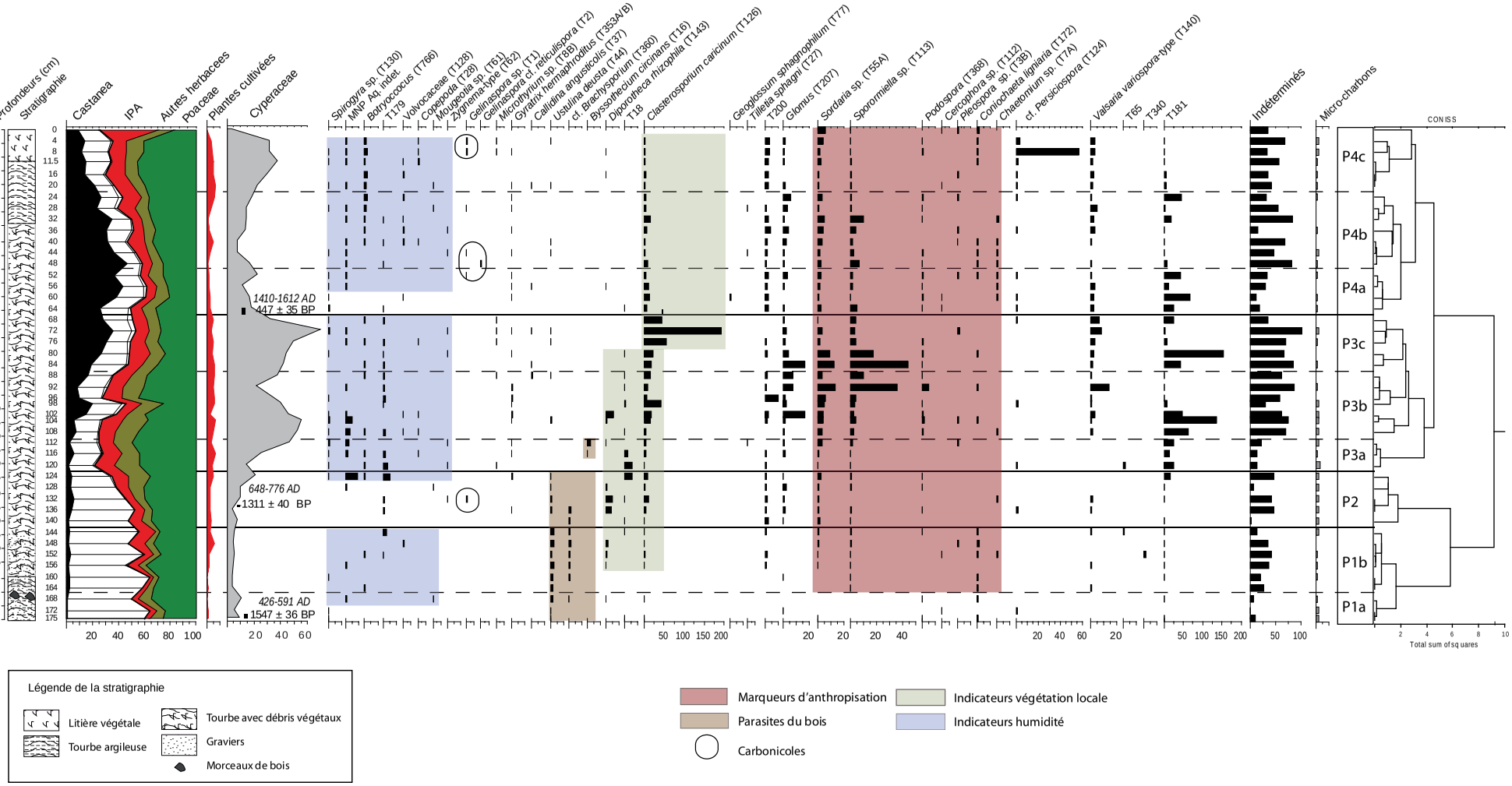



**Fig. A.9.** Zone tourbeuse du Quart du Bois - Diagramme des Microfossiles Non-Polliniques (MNP)

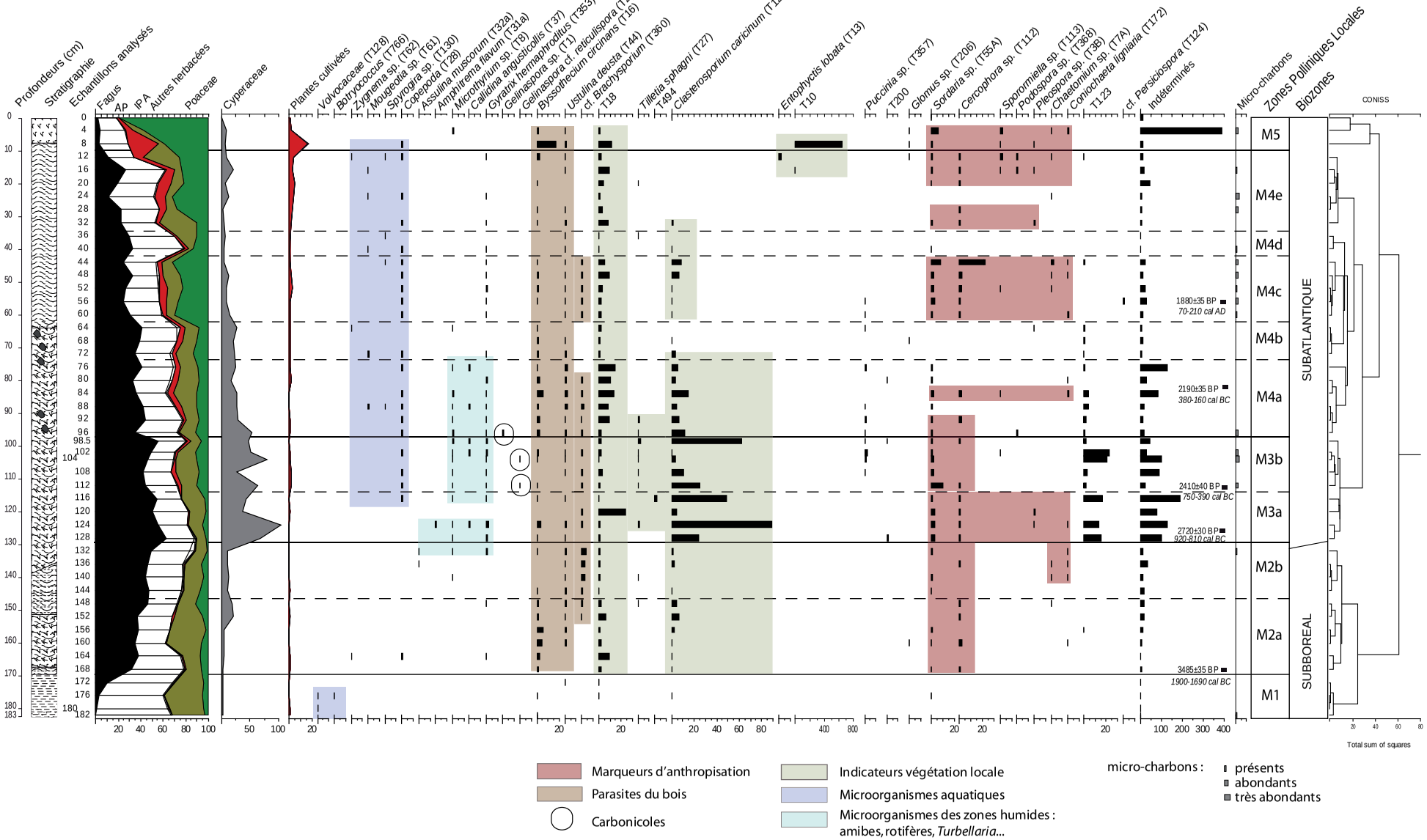



**Fig. A.11.** Tourbière de Montbé - Diagramme des Microfossiles Non-Polliniques (MNP)

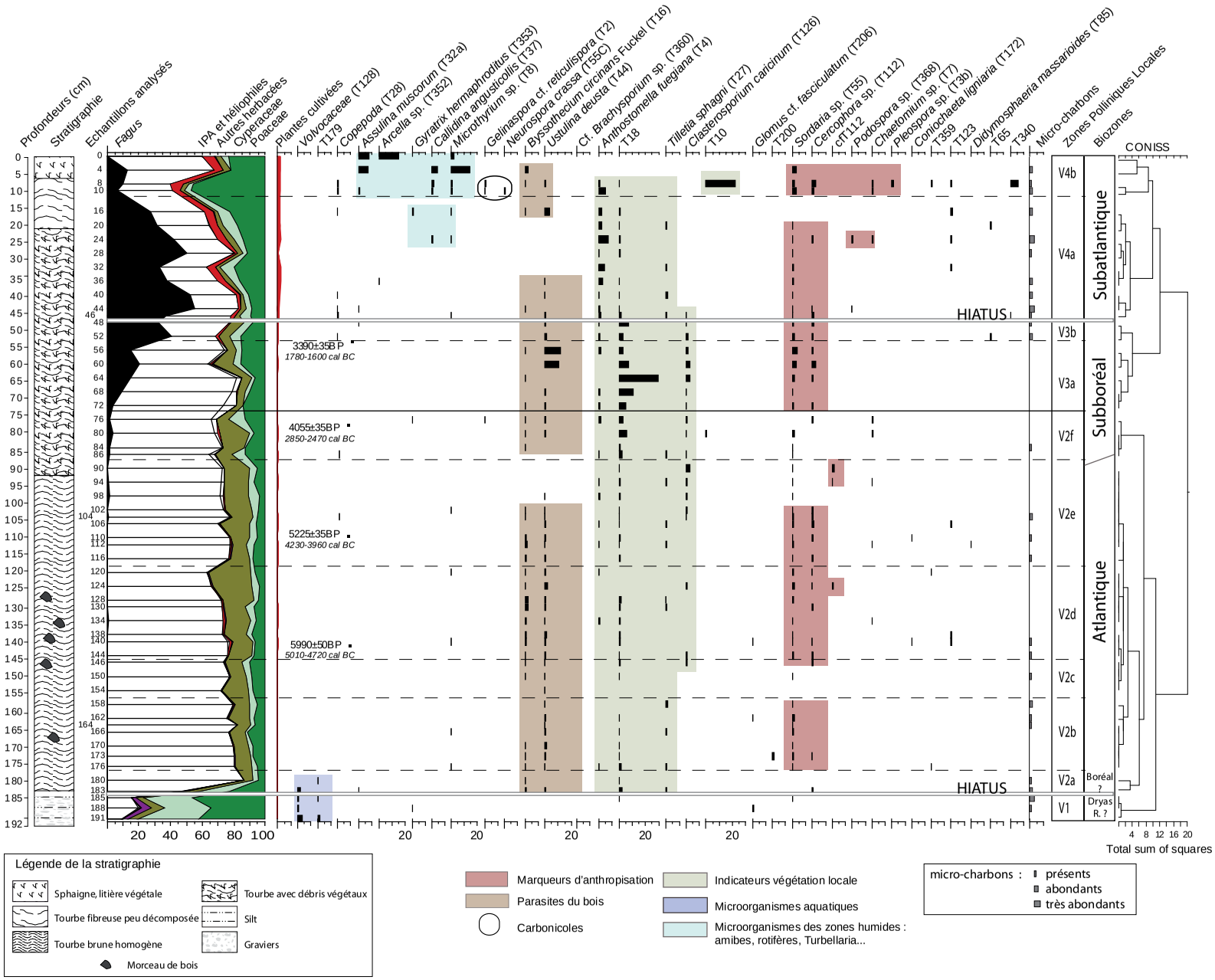



**Fig. A.13.** Le Vernay - Diagramme des Microfossiles Non Polliniques (MNP) identifiés

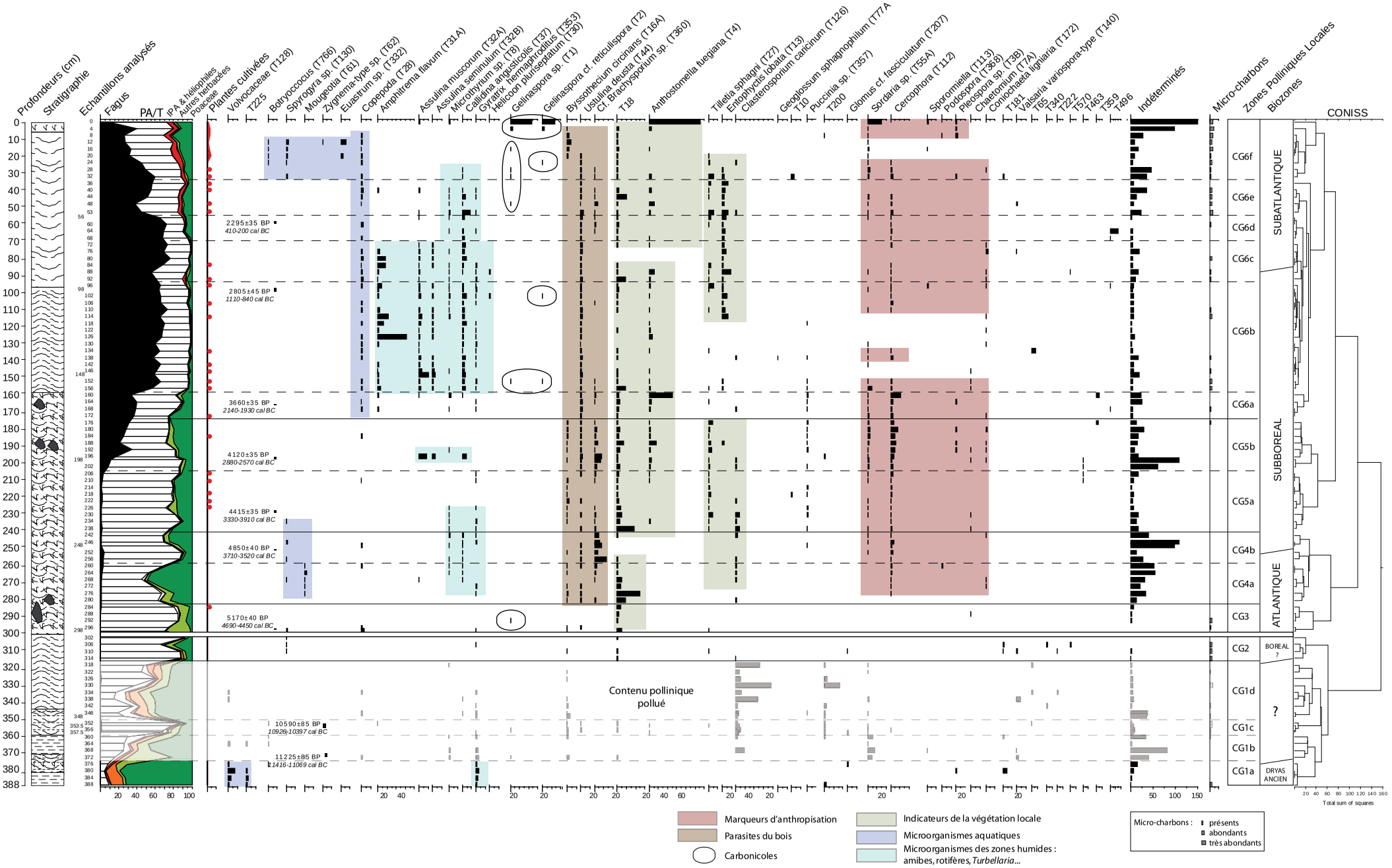



**Fig. A.15.** Tourbière de Champs Gazon - Diagramme des Microfossiles Non-Polliniques (MNP)

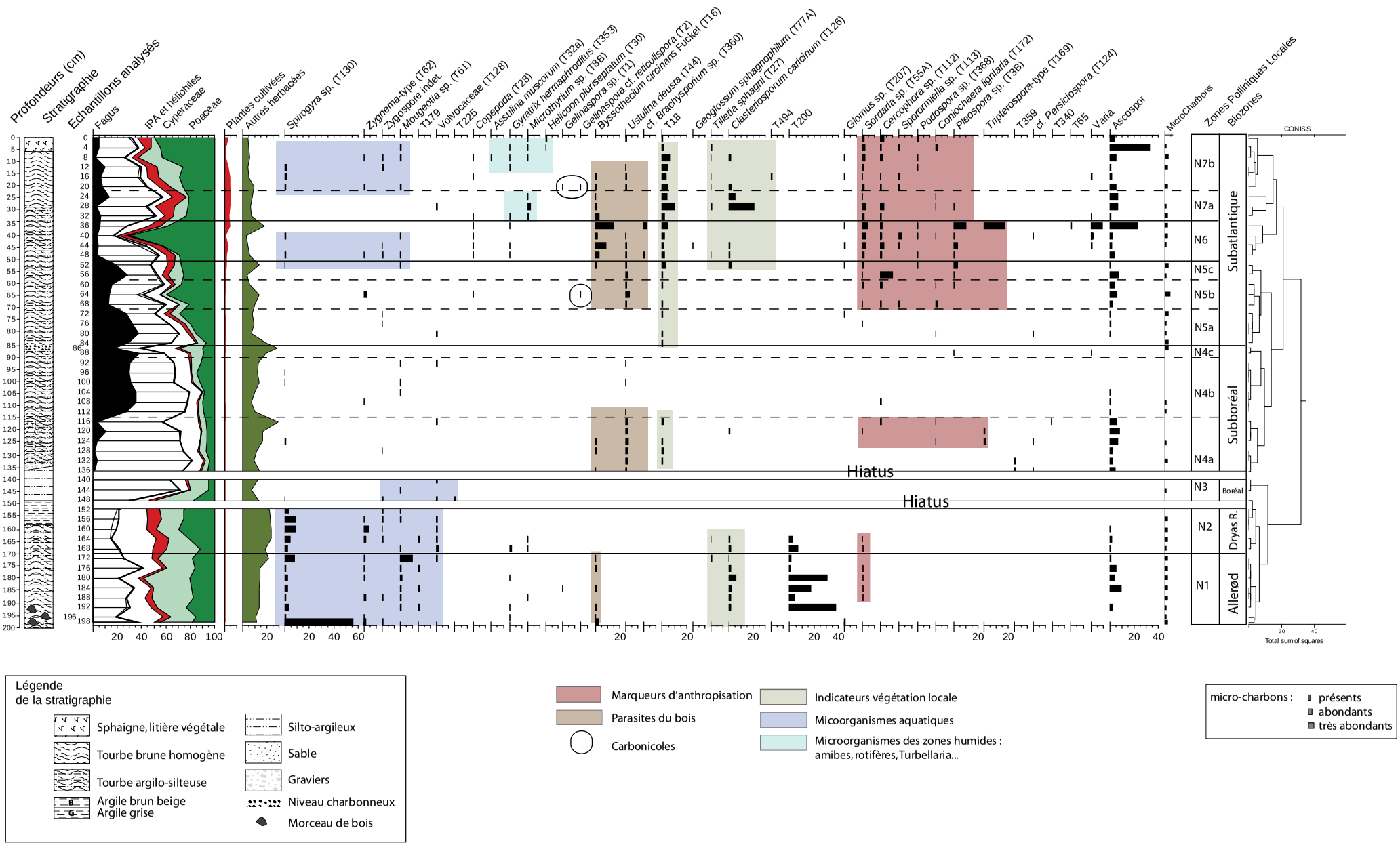



**Fig. A.17.** Tourbière de Nataloup - Diagramme des Microfossiles Non-Polliniques (MNP)

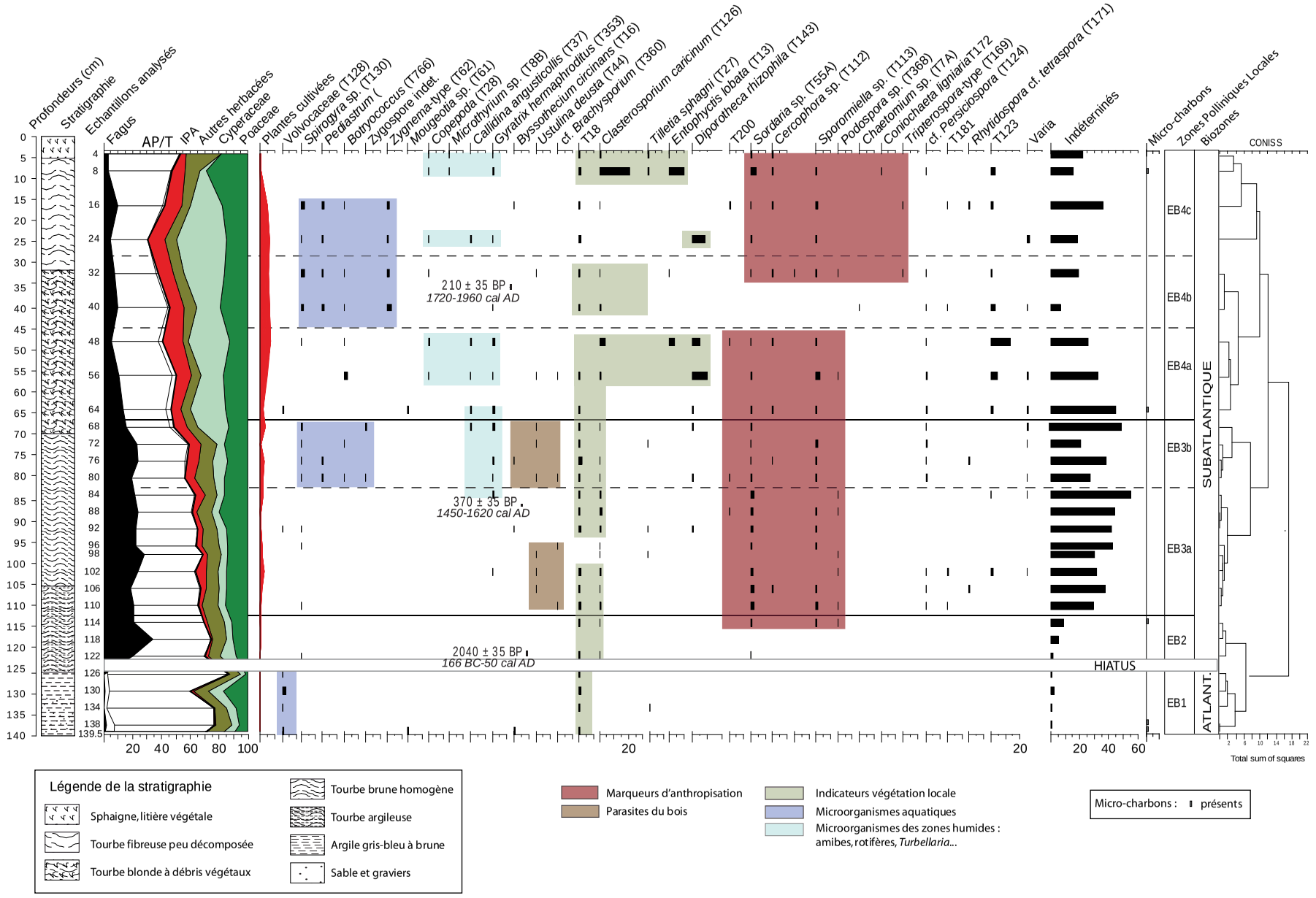



**Fig. A.19.** Tourbière de l'étang de Bouquin - Diagramme des Microfossiles Non-Polliniques (MNP)

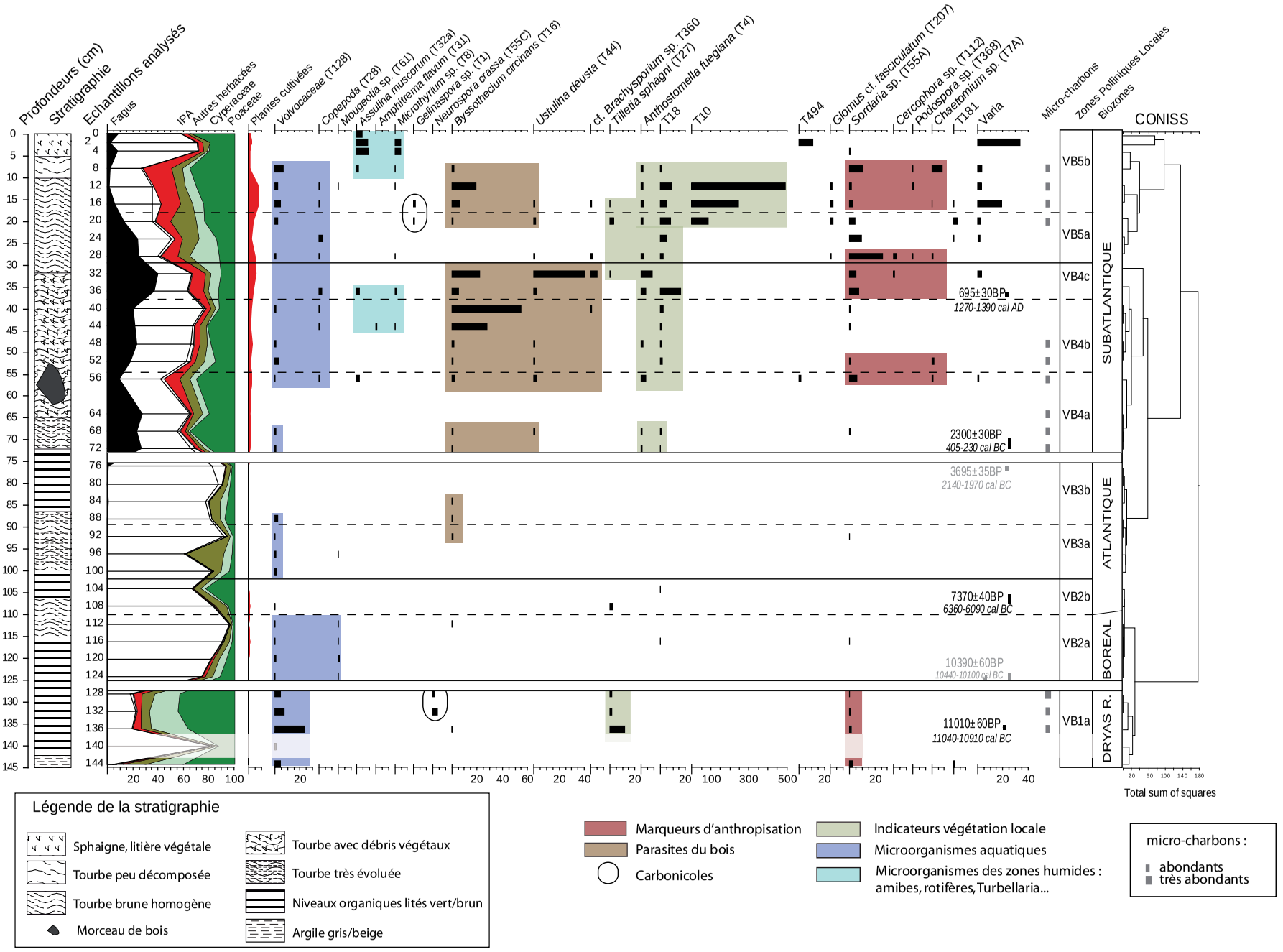



**Fig. A.21.** Tourbière du Verny-des-Brûlons - Diagramme des principaux Microfossiles Non-Polliniques (MNP)

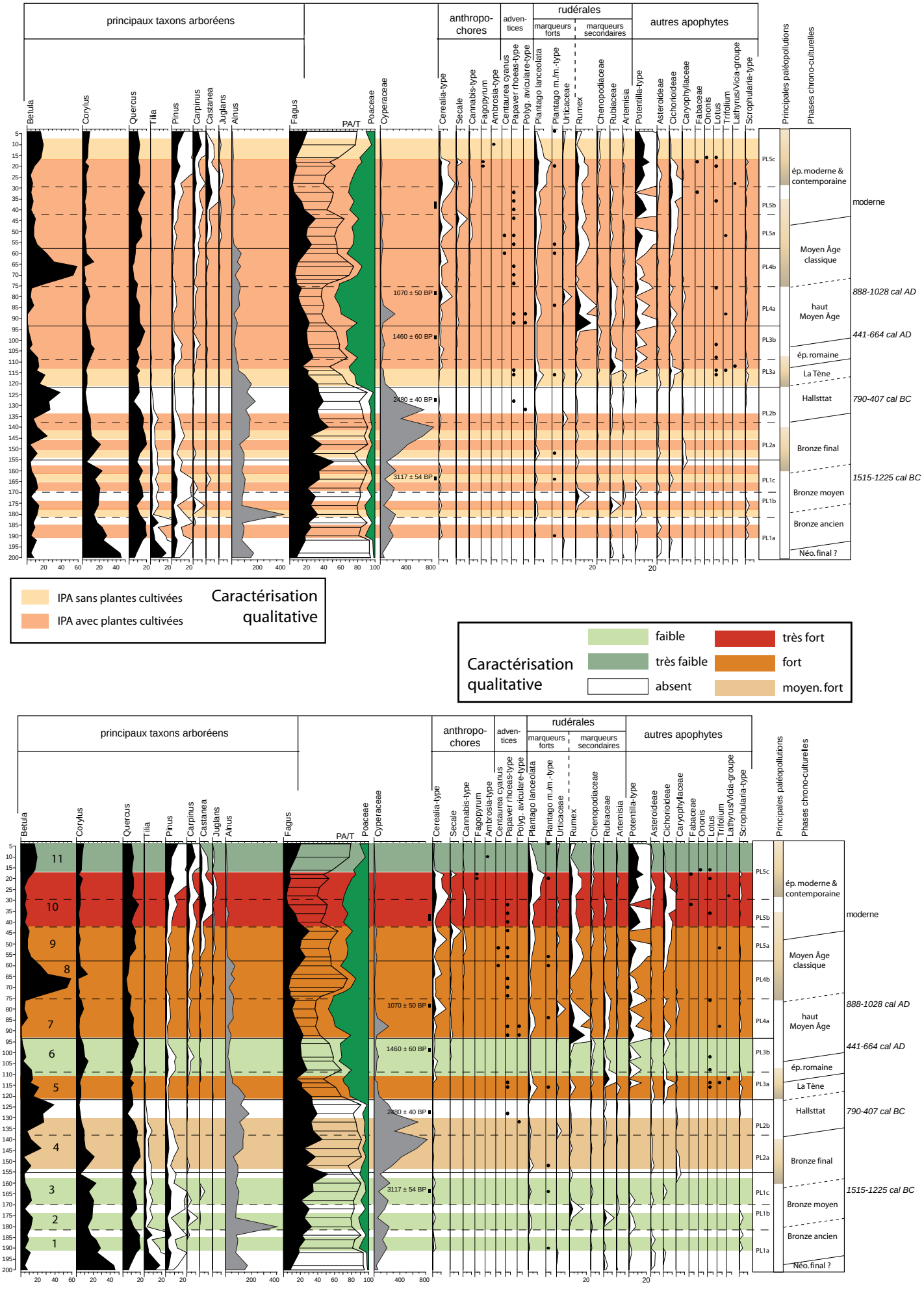



**Fig. A.23.** Diagrammes d'anthropisation de la tourbière du Port-des-Lamberts, impacts des activités humaines sur le couvert végétal

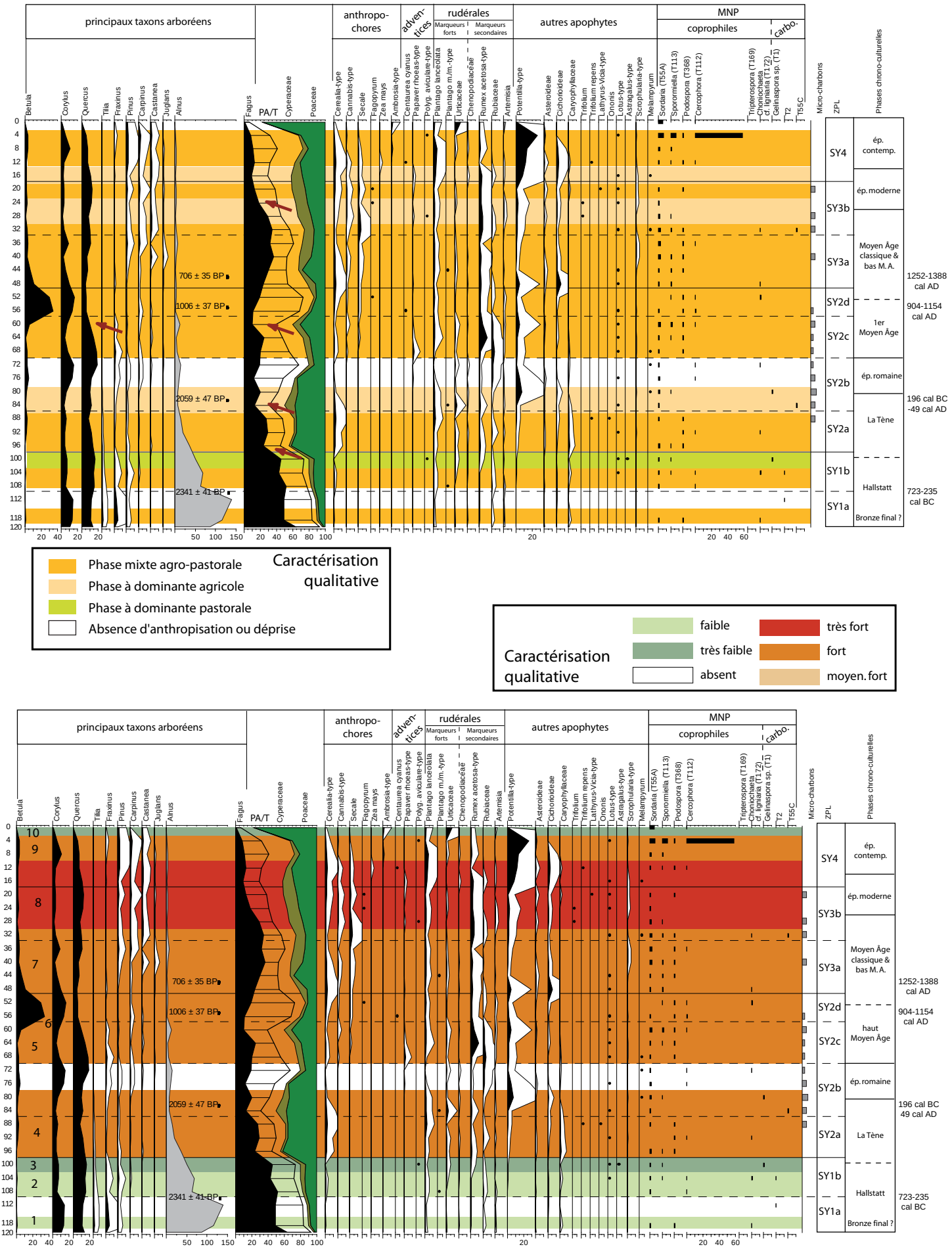



**Fig. A.24.** Diagrammes d'anthropisation de la tourbière des Sources de l'Yonne impacts des activités humaines sur le couvert végétal

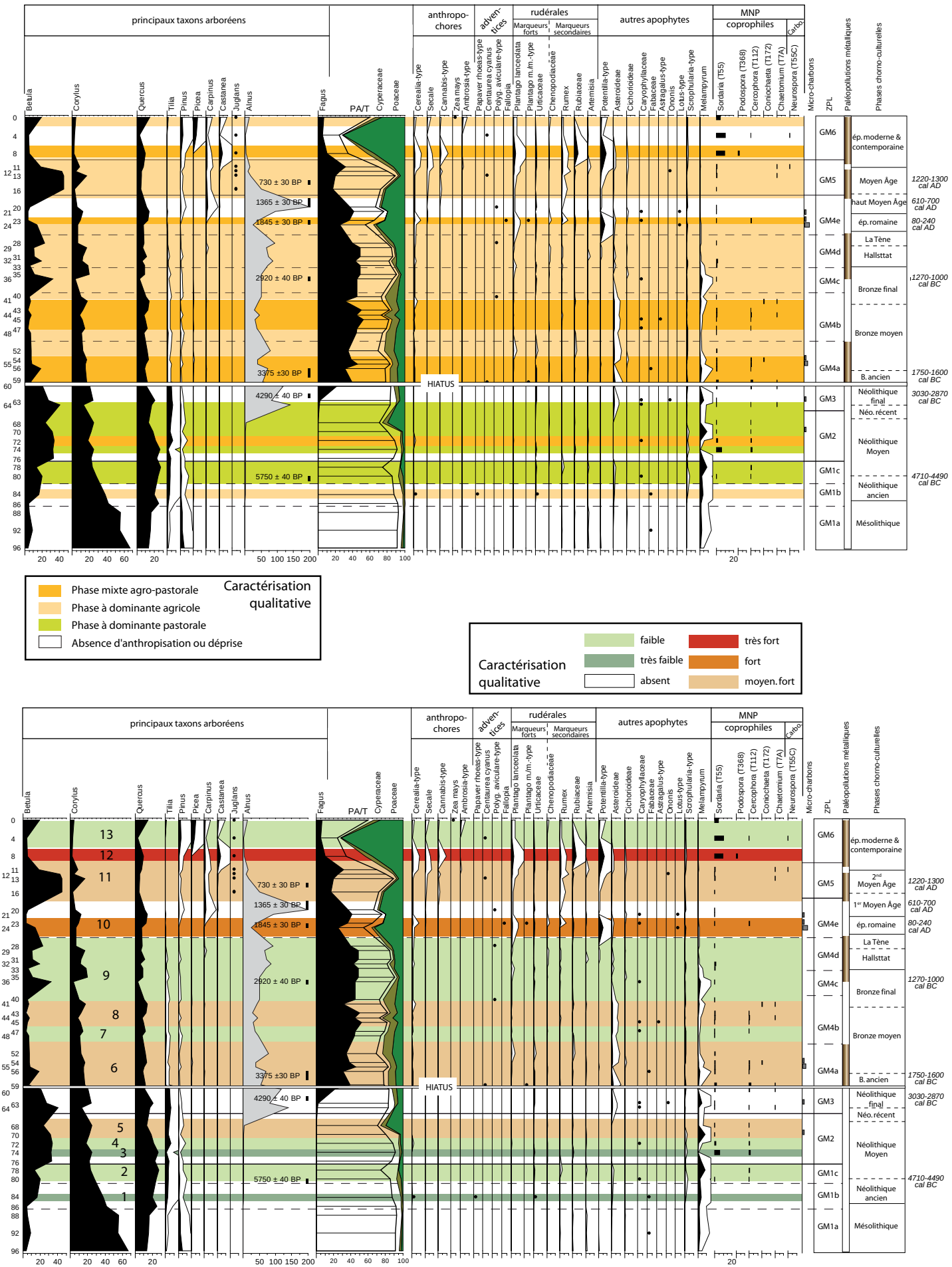



**Fig. A.25.** Diagrammes d'anthropisation Grand-Montarnu, impacts des activités humaines sur le couvert végétal

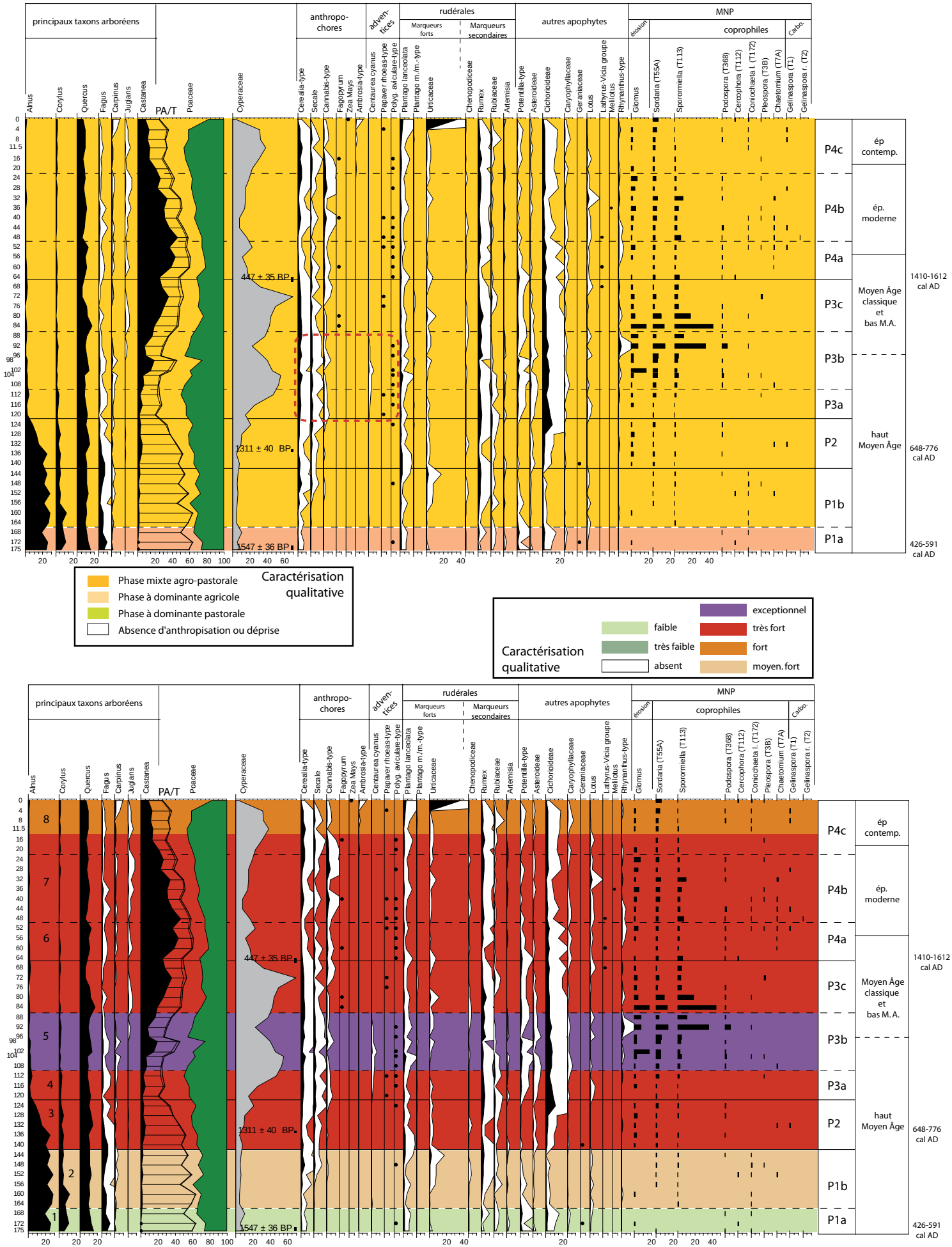



**Fig. A.26.** Diagramme d'anthropisation de la zone humide du Quart-du-Bois (Poil), impacts des activités humaines sur le couvert végétal

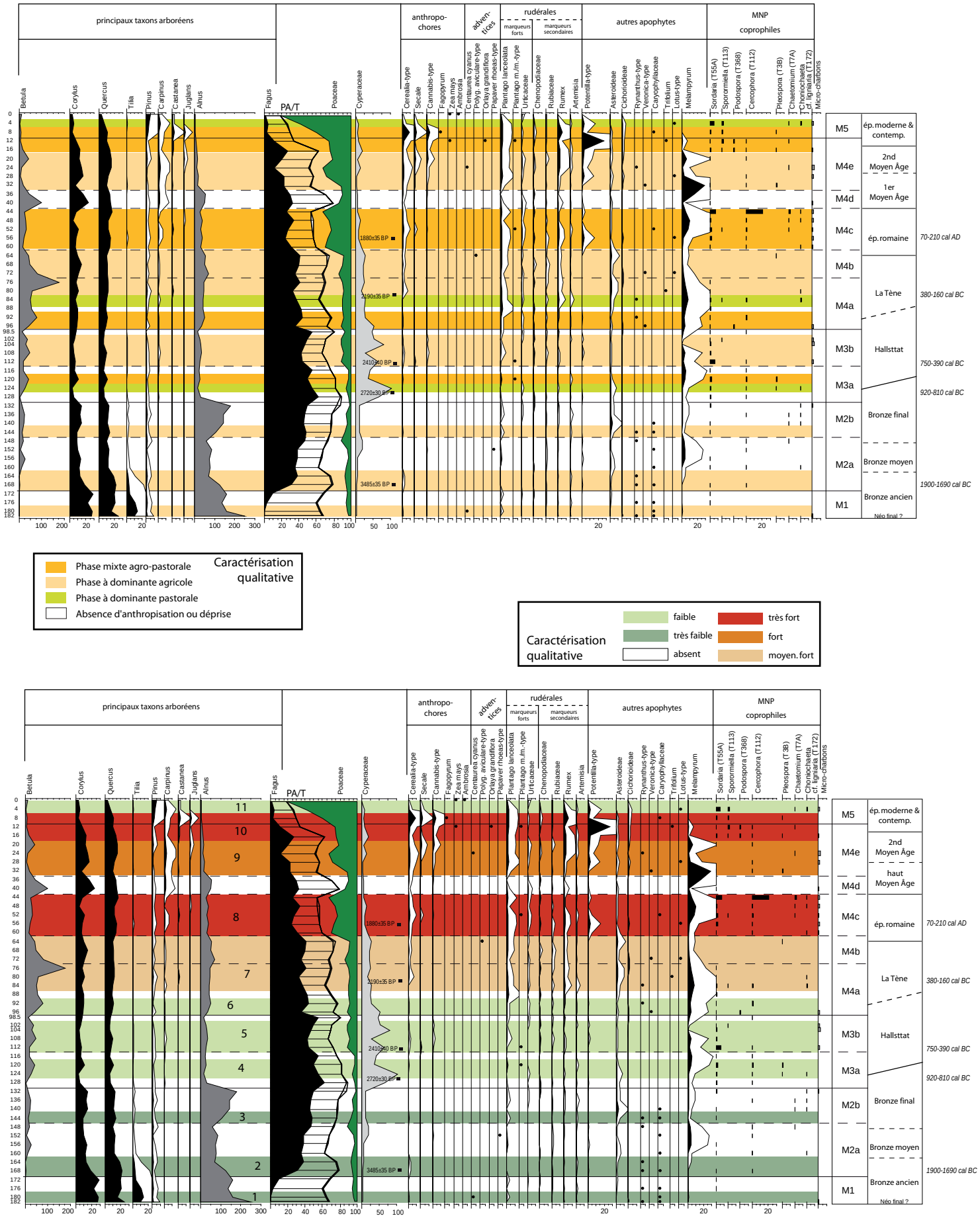



**Fig. A.27.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière de Montbé, Impacts des activités humaines sur le couvert végétal

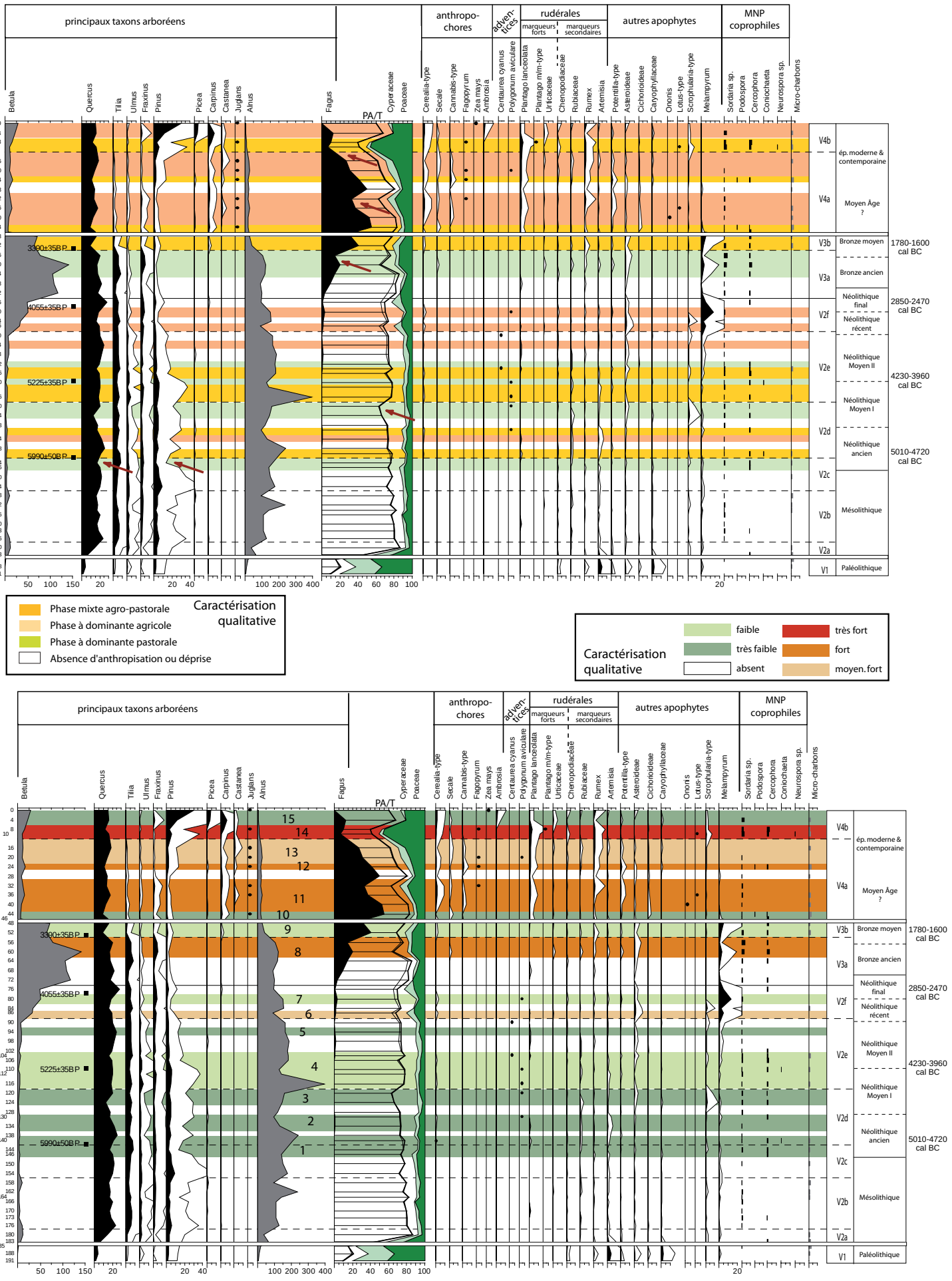



**Fig. A.28.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière du Vernay
Impacts des activités humaines sur le couvert végétal

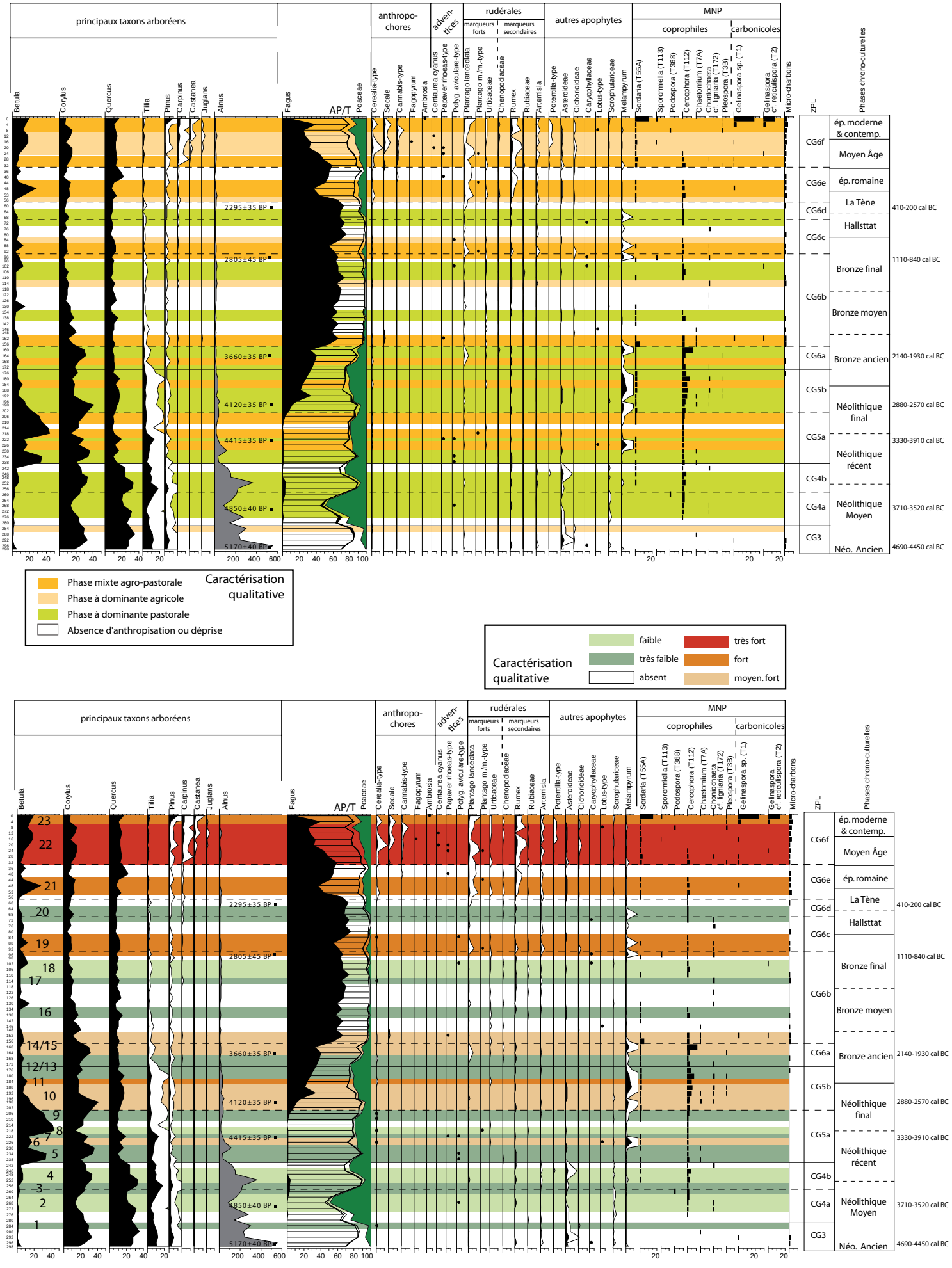



**Fig. A.29.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière de Champ Gazon, impacts des activités humaines sur le couvert végétal

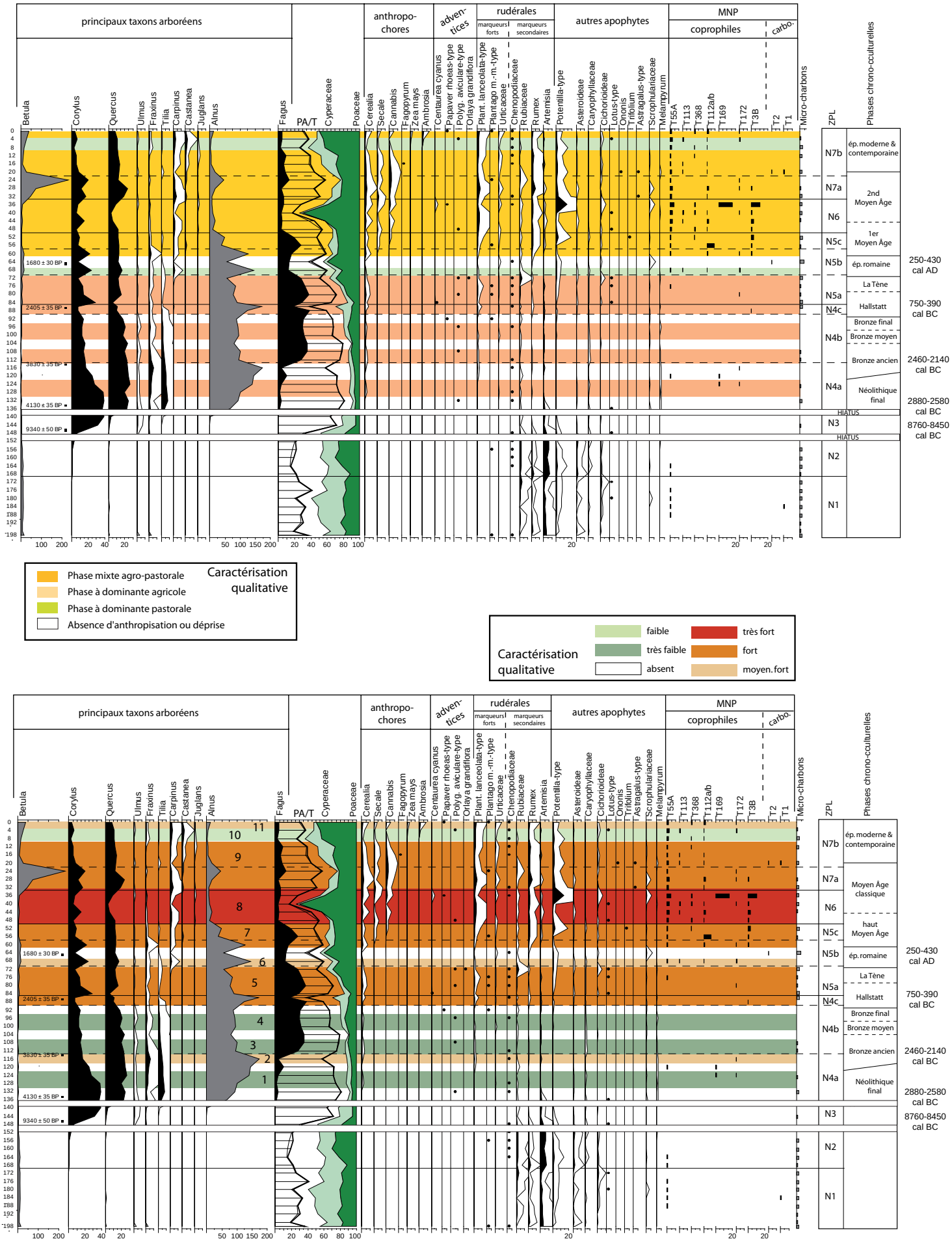



**Fig. A.30.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière de Nataloup, impacts des activités humaines sur le couvert végétal

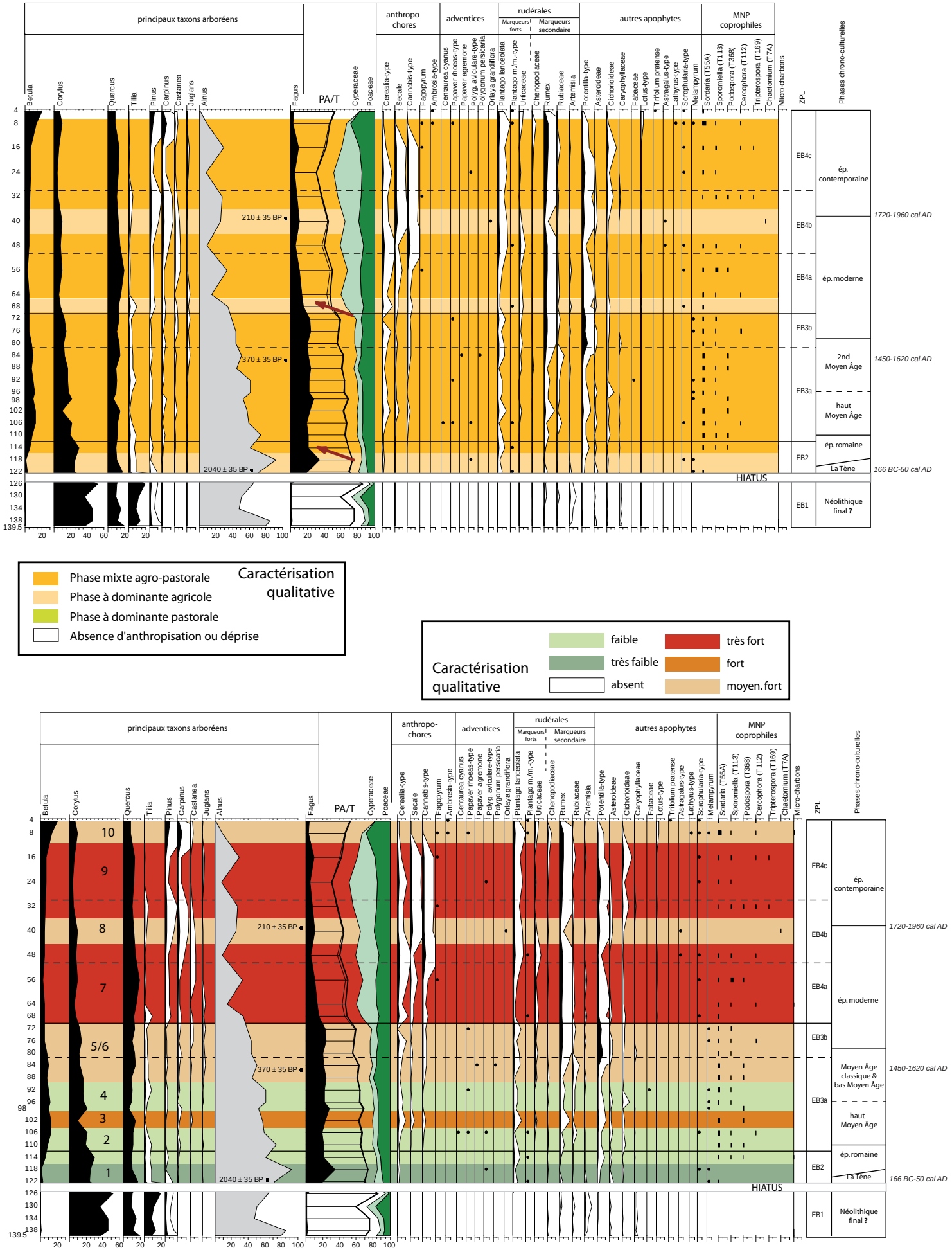



**Fig. A.31.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière de l'étang de Bouquin, impacts des activités humaines sur le couvert végétal

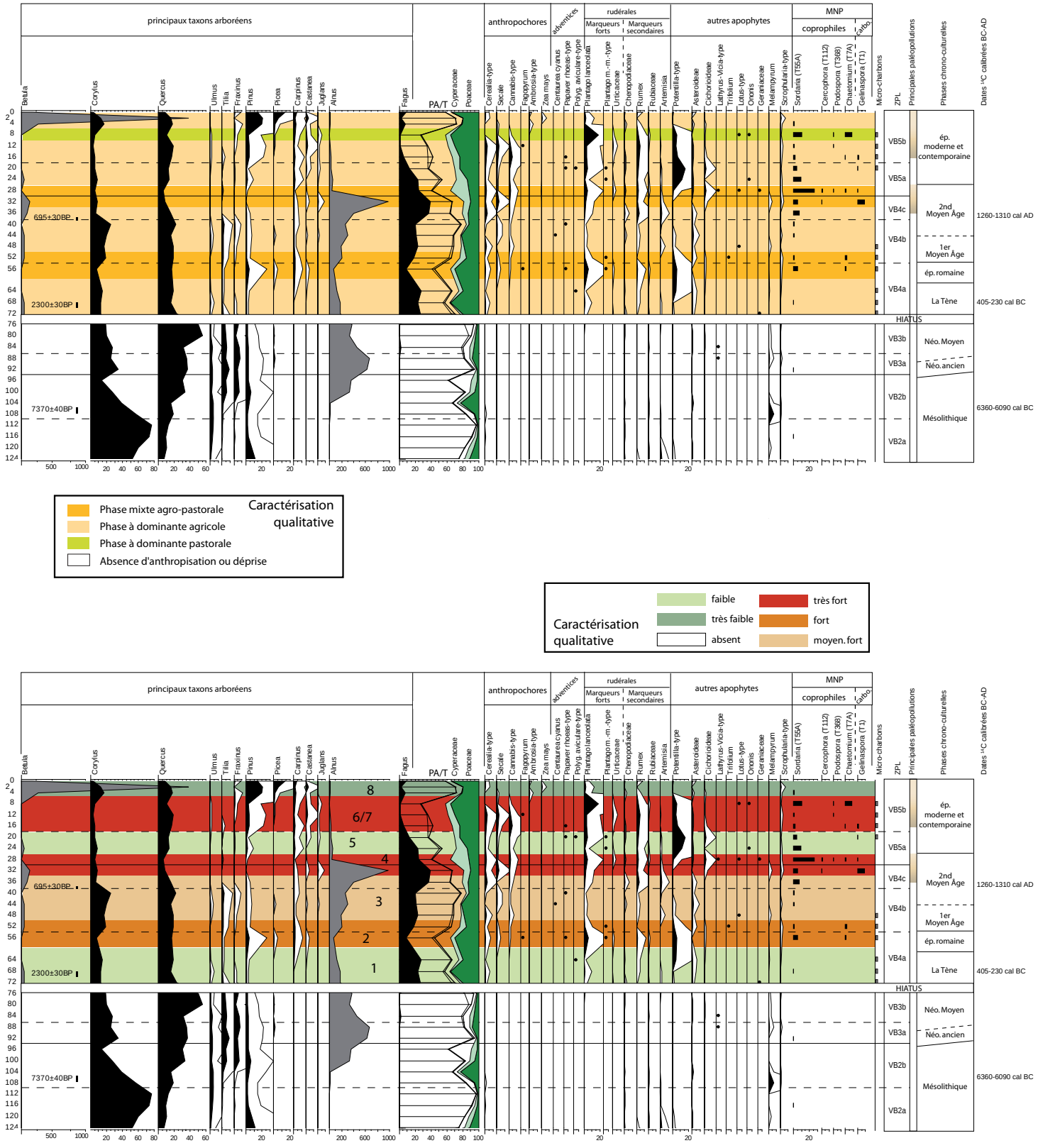



**Fig. A.32.** Diagramme d'anthropisation de la tourbière du Verny-des-Brûlons, impacts des activités humaines sur le couvert végétal

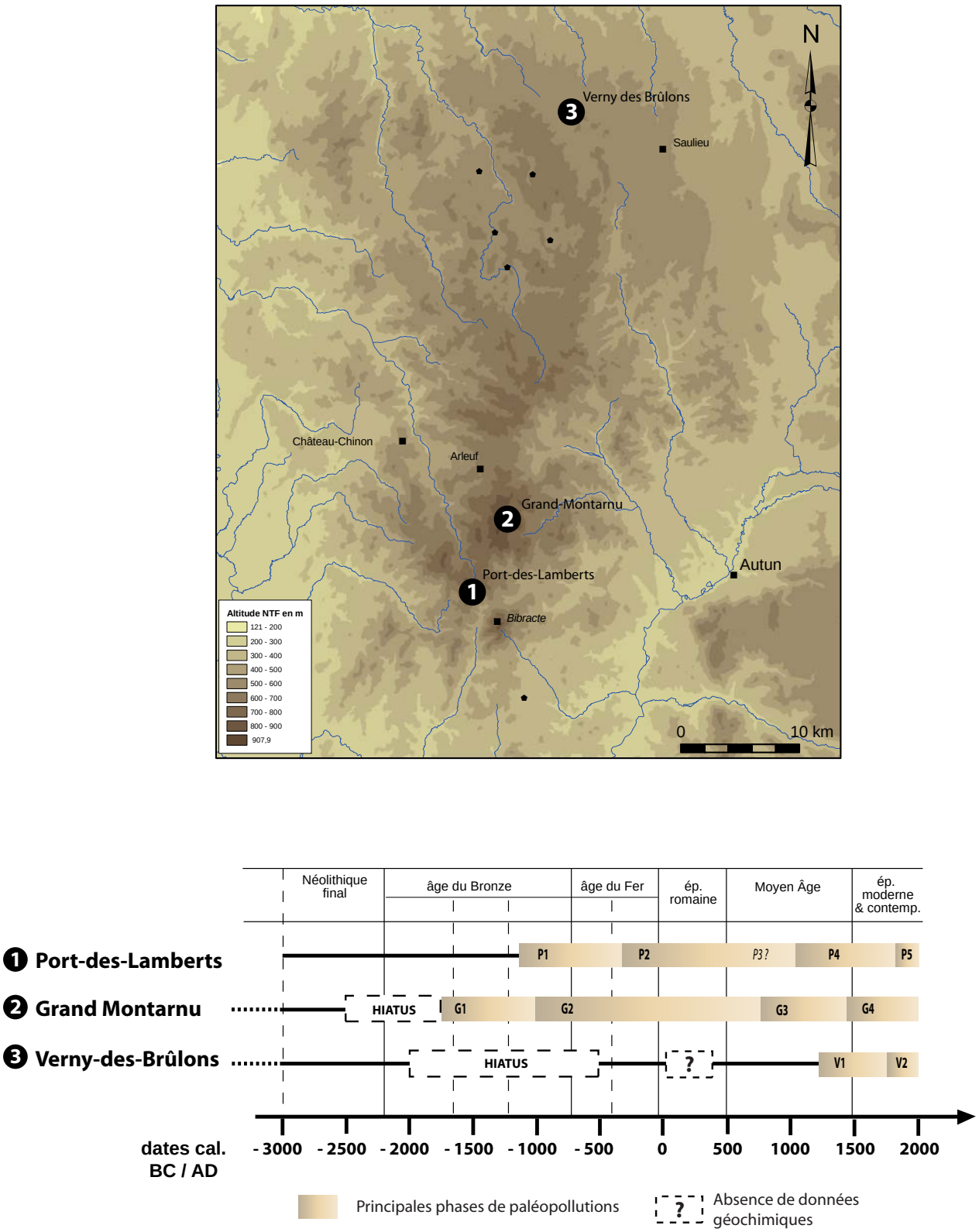



**Fig. A.35.** Schéma synthétique des paléopollutions enregistrées dans les tourbières du Morvan