N° d'ordre : 4478 **ANNÉE 2011**

THÈSE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1
sous le sceau de l'Université Européenne de Bretagne

pour le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE RENNES 1

Mention : Archéologie et Archéométrie

Ecole doctorale Sciences de la matière

présentée par

Jean-Charles Oillic

Préparée à l'unité de recherche n° 6566 CReAAH
Centre de Recherche en Archéologie, Archéométrie, Histoire
UFR Sciences et Propriétés de la Matière (SPM)

Végétation, peuplement, métallurgie en Brocéliande : étude interdisciplinaire de la forêt de Paimpont (Bretagne, France) depuis la fin du Tardiglaciaire

Thèse soutenue à Rennes le 12 décembre 2011

devant le jury composé de :

Joëlle BURNOUF
Professeure, Université de Paris 1 / *rapporteur*
Marie-José GAILLARD
Professeure, Université de Kalmar / *rapporteur*
Aline DURAND
Maître de Conférence, Université d'Aix-Marseille 1 / *examinateur*
Grégor MARCHAND
Chargé de recherche CNRS / *examinateur*
Stéphanie THIEBAULT
Directrice de recherche, CNRS / *examinateur*
Dominique MARGUERIE
Directeur de recherche, CNRS / *directeur de thèse*

« Tout le monde ment »

G.H.M.D

Remerciements

Maintenant que vient l'heure de clore ce travail de plus de quatre années, je tiens à remercier l'ensemble des personnes qui ont contribué à sa réalisation que cela soit de manière scientifique, technique ou morale :

Monsieur Dominique Marguerie, mon directeur de thèse, à qui je pense tout d'abord pour avoir accepté de m'encadrer au cours de mon mémoire de Master 2, puis tout au long de cette thèse. Qu'il soit remercié pour tout ce que le travail à ses côtés m'a apporté, pour ses encouragements dans la direction qu'ont pris mes travaux, pour nos discussions conviviales et pour ses nombreux commentaires, corrections et relectures de ce manuscrit.

Mesdames Joëlle Burnouf, professeure à l'Université de Paris 1, et Marie-José Gaillard, professeure à l'Université de Kalmar, qui ont accepté de juger mon manuscrit en tant que rapporteurs et dont les remarques seront, j'en suis sûr, des plus constructives.

Mesdames Stéphanie Thiébault, directrice de recherche au CNRS, et Aline Durand, maître de conférence à l'Université d'Aix-Marseille 1, et Monsieur Grégor Marchand, chargé de recherche au CNRS, pour l'honneur qu'ils me font d'être membres de mon jury et pour l'intérêt qu'ils portent à ce travail.

Je tiens également à mentionner Chantal Leroyer qui m'a apporté de nombreux éléments de réflexion sur la végétation des périodes les plus anciennes couvertes par ce travail. Merci « maman Chantal ».

Cécile Le Carlier, pour les nombreuses discussions que nous avons pu avoir au sujet de la paléométallurgie et également pour son aide dans le calcul des estimations de consommation en bois. Que ces échanges ne soient que le début d'une collaboration fructueuse.

Jean-Bernard Vivet et Nicolas Girault, mes compagnons paléométallurgistes depuis 2003. Je les remercie d'avoir accepté de me confier le matériel anthracologique de leurs fouilles, mais surtout de leur amitié et de leur soutien.

Mes pensées vont également vers Guy Larcher, Jean Boucard et Marie-José Le Garrec, qui, au travers de leur intérêt pour l'archéologie et la randonnée, ont apporté une grande contribution à la connaissance des innombrables vestiges archéologiques dispersés en forêt.

David et Nancy pour leur aide dans l'identification parfois délicate des grains de pollen et des charbons de bois et pour les heures que nous avons passé devant nos microscopes. Laurent pour tous les échantillons polliniques qu'il a traités. Je n'oublie pas non plus tous les autres membres de l'équipe paléoenvironnementale des laboratoires rennais et nantais. Leur bonne humeur et nos nombreux échanges ont permis à ces quatre années de passer rapidement.

Aurélie, pour son aide inestimable au cours de mon approche historique de la forêt de Paimpont.

A tous les membres du laboratoire de Rennes, pour leur accueil et leur sympathie. La liste est longue et la peur d'en oublier grande. Aussi qu'ils sachent tous que je pense à eux.

Je tiens également à remercier l'ensemble des partenaires institutionnels qui ont permis la réalisation de ce projet : la Communauté de communes de Brocéliande, le SIVU Forges et métallurgie en Brocéliande, la Maison des Sciences de l'Homme de Bretagne, le Conseil général du Morbihan et le CAREN-OSUR.

Enfin je tiens à remercier Elise pour son soutien et sa compréhension à chaque fois que « je ne râle pas mais m'exprime ». Je voudrais également souligner sa patience pour toutes les fois où je lui parle de charbons, pollens et scories. Je ne doute pas qu'en tant qu'archéologue ces sujets l'ai intéressée, mais ils sont bien loin de ces études du bâti.

Sommaire

Remerciements 1
Sommaire 3
Introduction 5
Première partie : contexte de l'étude 9
1. L'actuel massif de Paimpont 10
1.1 La géologie 10
1.2 Le climat 12
1.3 L'hydrographie 14
1.4 La pédologie 14
1.5 La végétation actuelle 15
2. Contexte archéologique et historique 22
2.1 Le Paléolithique final (12700 – 9700 BC) 22
2.2 Le Mésolithique (9700 – 6500 BC) 22
2.3 La néolithisation : Mésolithique final / Néolithique ancien (6500 –4600 BC) 23
2.4 Le Néolithique moyen (4600 – 3500 BC) 24
2.5 Le Néolithique récent/final (3500 – 2300 BC) 25
2.6 L'âge du Bronze (2300 – 800 BC) 26
2.7 L'âge du Fer (800 – 50 BC) 28
2.8 La période gallo-romaine (50 BC – 500 AD) 30
2.9 Le Moyen Âge (500 AD – 1500 AD) 32
2.10 La période moderne (1500 AD – 1800 AD) 35
2.11 La période contemporaine (1800 AD – aujourd'hui) 35
3. Le contexte paléométallurgique 36
3.1 La chaîne opératoire et son évolution 36
3.2 La paléométallurgie sur le massif de Paimpont 41
4. L'implantation du légendaire 43
Deuxième partie : approche palynologique 46
1. Introduction 46
La méthodologie 47
1.1 Choix des sites 47
1.2 Les prélèvements 48
1.3 Préparation des échantillons 49
1.4 Détermination et comptage 51
1.5 Représentations graphiques 54
1.6 La zonation pollinique 57
1.7 Les datations radiocarbone 60
1.8 L'interprétation paléoécologique 61
2. Présentation des résultats 62
2.1 Le Carrefour Pas de la Chèvre 62
2.2 Trécélien 82
2.3 Les Noës Blanches. 97
2.4 Le Gué Mony 115
3. Synthèse et discussion 133
3.1 L'histoire de la végétation 133
3.2 L'anthropisation du milieu 151
4. Bilan 166
Troisième partie : approche anthracologique 168
1. Introduction 168

Méthodologie 169
1.1 Les prélèvements 169
1.2 Identification et comptage 169
1.3 L'observation du plan ligneux 171
2. Présentation des résultats anthracologiques 183
2.1 Le Bois Jacob 183
2.2 La ligne de la Fenderie au gué 187
2.3 Les Glyorels III 193
2.4 La Boissière 197
2.5 Le Perray 201
2.6 Le Vert Pignon 204
2.7 Péronnette 208
2.8 Le Pas du Houx 215
3. Synthèse et discussion 219
3.1 Bilan des résultats 219
3.2 Le comportement de sélection 223
4. Conclusion 228
Quatrième partie : approche archéologique et historique 230
1. Introduction 230
2. Le corpus 230
2.1 Les données historiques 230
2.1 Les données archéologiques 231
3. La méthode régressive 233
4. Résultats 234
4.1 Evolution des limites et partition du massif forestier de Paimpont 234
4.2 Le réseau hydrographique 248
4.3 L'exploitation de la forêt 254
5. Synthèse et discussion 267
6. Conclusion 270
Synthèse 272
1.1 Du Paléolithique final au Néolithique final 272
1.2 L'âge du Bronze 272
1.3 L'Âge du Fer 273
1.4 La période gallo-romaine 274
1.5 Le Moyen Âge 275
1.6 La période moderne et subactuelle 277
Conclusion et perspectives 280
Références bibliographiques 285
Table des illustrations 309
Liste des tables. 314
Annexes 316

Introduction

En écologie, la notion d'environnement est un concept vaste qui englobe l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques du milieu dans lequel évolue un individu, une population, une espèce. Cette définition témoigne de la complexité des systèmes à analyser, et c'est pourquoi l'étude des environnements actuels intègre une vaste panoplie de disciplines comme la géologie, la chimie, l'économie et bien étendu l'écologie.

Lorsqu'il s'agit de comprendre le fonctionnement des écosystèmes disparus, la difficulté d'appréhension des objets s'intensifie encore. Leur observation ne se réalise plus de façon directe mais au travers des traces qu'ils ont laissées avec toutes les modifications liées aux processus dépositionels et taphonomiques qui leur sont associés. Aussi, encore plus que pour les approches actualistes, les études paléoenvironnementales nécessitent l'utilisation d'approches intégratives de type pluri-/multi-/inter-/trans-disciplinaires pour mieux appréhender les milieux passés. Mais que se cache-t-il réellement derrière ces variations sémantiques ?

En effet, dans la recherche actuelle, et plus particulièrement dans le domaine de l'archéologie, les approches décrites comme pluri-, multi-, inter- ou parfois transdisciplinaires sont légion. Ces terminologies parfois mal différenciées renvoient pourtant à une hiérarchisation ascendante des rapports entretenus entre chercheurs et disciplines, mais également entre les disciplines (Resweber 2000).

A la base de cette classification, se trouve la disciplinarité ou monodisciplinarité, par opposition aux autres concepts. Elle correspond au moment de la recherche où chaque discipline fonctionne isolément des autres. Chacune d'entre elles s'intéresse à un objet réduit issu d'une segmentation de la pensée qui vise à limiter la complexité des systèmes pour les rendre étudiables. Cette phase de simplification constitue la première étape de toute démarche analytique objective.

A l'échelon supérieur, l'objet de l'étude est considéré selon une pluralité d'angles, de disciplines, qui contribuent à sa compréhension. Dans cette approche dite multi- ou pluridisciplinaire, les réponses apportées par chacun des champs d'investigation ne sont jamais confrontées à ceux des autres disciplines. Les travaux sont réalisés en parallèle. En archéologie cette situation se rencontre à chaque fois qu'un site, objet d'étude, est soumis à l'examen de différents spécialistes. Céramologues, lithiciens, palynologues, chimistes… travaillent de concert à la compréhension des populations et des vestiges qu'elles ont produits. Mais ils s'intéressent le plus souvent à des sources suffisamment disjointes pour que les

résultats ne se percutent pas. La variabilité des thématiques et échelles observées fournit une mosaïque de résultats qui décrivent une multitude d'aspects de la vie des populations passées.

Le niveau suivant de la gradation du savoir correspond à l'interdisciplinarité. Il s'agit, pour reprendre la définition de A. Létourneau (2010), de la situation où les disciplines collaborent et où il y a échanges de méthodes et de résultats entre elles. Cette approche se distingue souvent mal de la transdisciplinarité, l'échelon sommital de la gradation. Dans les faits, la distinction peut se faire à partir du questionnement suivant : l'approche intégrative menée permet-elle 1) d'affiner et de confirmer le regard de chaque discipline sur l'objet (interdisciplinarité) ou 2) d'obtenir une nouvelle perception de l'objet, dont la valeur pourrait être décrite comme supérieure à la somme des résultats de chaque discipline, voire de valoriser les limites inhérentes à chaque approche (transdisciplinarité) ? L'article de C. Leroyer dans les *Nouvelles de l'Archéologie* (1985) illustre parfaitement les résultats attendus d'une étude archéobotanique interdisciplinaire. A travers l'exemple du site de la Balma Margineda, elle montre les apports du croisement des études anthracologiques, carpologiques et palynologiques. Cette approche a permis de compléter l'image de l'environnement végétal et d'affiner la détermination des taxons reconnus. Il en a résulté une meilleure image des conditions climatiques. De plus, dans cet article, les propos de C. Leroyer esquissent les contours de la transdisciplinarité lorsqu'elle émet l'hypothèse d'une fréquentation du site en dehors de la période de pollinisation de l'argousier en s'appuyant sur sa forte représentation en anthracologie mais son absence en palynologie. Toutefois, l'exploitation des différences dans les résultats de telles approches reste souvent difficile à cause de décalages dans les perceptions liés à la nature des matériels étudiés.

Cette thèse s'intègre dans cette problématique de développement des approches intégratives visant à mieux restituer les écosystèmes, pour ne pas dire anthroposystèmes, anciens. Pour cela, nous nous intéresserons à une aire géographique réduite, le massif de Paimpont, ce qui permettra de s'affranchir de potentielles variations inhérentes à l'analyse de systèmes plus vastes, notamment la géologie et le climat qui sont relativement homogènes sur cette surface d'environ 300 km².

Les objectifs visés au cours de ce travail sont de trois ordres. Au niveau local, cette thèse s'intéressera à l'histoire du massif de Paimpont souvent associé, dans l'imaginaire collectif, à la légendaire forêt de *Brocéliande* du mythe arthurien. Ce secteur fortement boisé pour la Bretagne est également considéré très largement comme le dernier bastion d'une forêt immense qui aurait recouvert l'intérieur de la Bretagne jusqu'à la période romaine, voire le

Haut Moyen Âge (La Borderie 1896). De plus, nous chercherons à comprendre le rôle que l'homme a joué dans l'histoire de ce massif, et notamment au travers des activités de forge. Les travaux menés depuis une vingtaine d'années montrent la présence d'une forte activité sidérurgique sur le massif dès l'âge du Fer.

Plus largement, ce travail vise à approfondir les connaissances sur l'histoire de la végétation du Massif armoricain. Les recherches menées dans ce domaine sont nombreuses mais, malgré les travaux récents, reposent encore principalement sur des sites situés en zone littorale ou dans la partie orientale du Massif armoricain (Pays de la Loire). La localisation de la zone d'étude dans le centre-est de la Bretagne, à la limite entre Ille-et-Vilaine et Morbihan offre l'opportunité de renseigner un secteur jusqu'alors peu étudié.

Au cours de ces travaux, nous chercherons également à appréhender les choix opérés par les forgerons dans leur recherche de combustible. Nous tenterons de voir si la collecte du bois répondait à des critères qualitatifs précis ou si au contraire, seule la quantité de charbon était prise en compte.

Enfin, d'un point de vue méthodologique, nous tenterons de mettre en évidence la plus-value que peut apporter une approche interdisciplinaire dans la connaissance des environnements passés à une échelle microrégionale.

Pour atteindre ces objectifs, trois méthodes d'études du paléoenvironnement ont été retenues : l'anthracologie, la palynologie et l'approche historique et archéologique.

Le choix de la première de ces méthodes repose sur l'existence des recherches paléosidérurgiques menées par J.-B. Vivet depuis 2002. Elles montraient la présence d'une exploitation du fer depuis le Hallstatt et garantissaient, grâce aux opérations de fouilles menées entre 2002 et 2007, l'accès à un corpus anthracologique couvrant de façon discontinue les trois derniers millénaires.

Les multiples étangs et zones humides inventoriés sur le secteur de Paimpont ont précocement mis en évidence le potentiel palynologique de ce secteur, et ainsi défini cette seconde méthode d'analyse

Enfin, le choix de mener une étude historique et archéologique s'explique par la forte capacité des forêts à préserver les vestiges archéologiques (Georges-Leroy et al. 2010) et par la présence sur le massif et dans son environnement proche de lieux de pouvoir médiévaux. On dénombre, en effet, quatre châteaux, deux abbayes, une résidence épiscopale et une cour de justice qui sont tous susceptibles de fournir une documentation sur l'histoire du massif et son exploitation. Pour les périodes plus récentes, c'est l'activité de grandes forges à bois entre

les XVIIème et les XIXème siècles qui vient potentiellement compléter le corpus des sources écrites.

Afin de faciliter la réflexion au cours de cette approche et en accord avec la gradation des savoirs présentée précédemment, les propos de ce mémoire seront organisés en cinq parties. Après avoir présenté le contexte naturel et anthropique sur le massif de Paimpont, chacune des trois approches sera traitée de façon indépendante dans l'ordre suivant : 1) la palynologie, 2) l'anthracologie et enfin, 3) les données historiques et archéologiques. Dans un dernier point, ces résultats seront confrontés dans une synthèse au cours de laquelle nous reviendrons sur l'utilisation conjointe de ces méthodes et jugerons de la portée d'une telle approche en terme d'intervalidation des résultats ou de plus-value informative.

Première partie : contexte de l'étude

Le massif de Paimpont est un espace forestier situé aux confins des départements de l'Ille-et-Vilaine et du Morbihan, à une quarantaine de kilomètres à l'ouest de Rennes (Figure 1). Avec une superficie d'un peu plus de 7000 ha, il est le plus grand territoire boisé de Bretagne. Pour de nombreux auteurs, il constituerait le dernier vestige d'une forêt beaucoup plus vaste : Brocéliande. Cette hypothèse a été émise pour la première fois par A. de La Borderie pour qui elle *« s'étendait en longueur depuis le lieu de l'actuelle ville de Montfort jusqu'à celui de Rostrenen ou environ.»* (Borderie 1861). Elle aurait persisté jusqu'à l'arrivée des populations romaines voire l'installation des monastères et abbayes au cours du Moyen Âge. Bien que les travaux archéologiques plus récents montrent la présence de populations dès le Mésolithique (Briard 1989), cette théorie de la forêt centrale impénétrable reste très ancrée dans la pensée collective, notamment en association avec la légende du Roi Arthur et des Chevaliers de la Table Ronde.

C'est pourquoi, dans cette première partie, après avoir présenté l'environnement actuel du massif de Paimpont, nous nous intéresserons au contexte archéologique et historique. Puis, nous tenterons de faire le point sur la façon dont le mythe arthurien s'est implanté sur ce territoire.

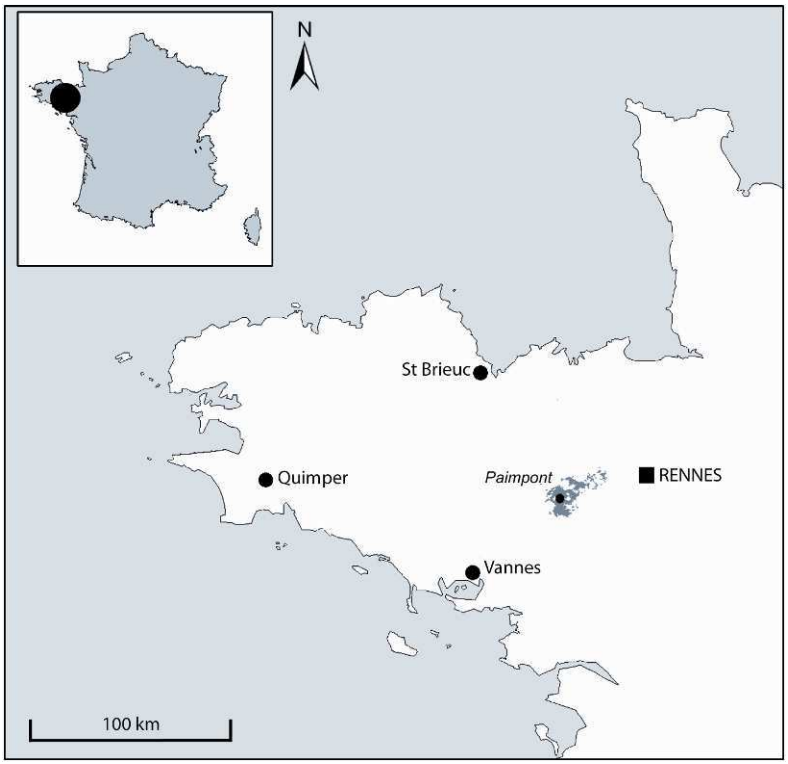


Figure 1 : carte de localisation du Massif de Paimpont

1. L'actuel massif de Paimpont

1.1 La géologie

La forêt de Paimpont s'étend sur une seule entité géologique, le synclinal de Paimpont-Guichen. Il s'agit de la partie nord-ouest d'une grande unité sédimentaire qui a été déformée par des plissements au Paléozoïque : les synclinaux du Sud de Rennes.

Contrairement aux formations classiques de la Vilaine, ce secteur présente des horizons sédimentaires dont le pendage n'est que rarement supérieur à 30°.

L'ensemble des formations, si l'on excepte les filons de quartz, est d'origine détritique terrigène, c'est-à-dire le fruit de l'érosion de reliefs anciens plus ou moins proches. Les particules y ont été arrachées avant de se déposer dans des bassins sédimentaires fluviatiles ou marins. Il s'agit donc d'argiles, sables, graviers et galets englobés dans une matrice de particules plus fines, puis consolidés. Ils forment alors des poudingues, grès et schistes.

Quatre séries sédimentaires sont présentes sur le massif de Paimpont. Les roches les plus récentes ceinturent les zones de reliefs, où les vallées profondes permettent d'accéder aux formations antérieures (Figure 2).

Les schistes de Rennes et Ploërmel, aussi appelés « Dalles de Néants », constituent la formation la plus ancienne. On les retrouve autour du massif et dans les zones de plus faibles altitudes en son centre (Tréhorenteuc, Concoret). Il s'agit en fait de schistes et grès verdâtres à gris formés à partir de sédiments marins qui se sont déposés au cours du Briovérien, il y a environ 550 millions d'années. Par endroits, des horizons discontinus plus grossiers ont été observés, les poudingues de Gourin (Plaine 1991).

Des strates pourprées paléozoïques discordantes surmontent les niveaux briovériens. Deux grandes catégories peuvent y être identifiées (Thomas et al 1999) :

- Les poudingues de Montfort se trouvent à la base, de façon lenticulaire. Ils ont un faciès très durci et une forte hétérogénéité entre leurs gisements.
- Au dessus, cette formation se compose essentiellement de grès fins répartis en horizons pluridécimétriques sur près de 100 m d'épaisseur. Une stratification horizontale y est rarement observée à cause de nombreux clivages verticaux très marqués. En surface, ils se présentent surtout sous la forme de grandes dalles à la surface inégale. Ces grès doivent leur nom de « Schistes rouges de Pont-Réan » à

leur coloration rouge liée à la présence d'un oxyde de fer, l'hématite (Fe2O3), disséminé dans la matrice.

Ses formations se répartissent en bordure des plateaux ordoviciens et dans les vallées encaissées qui les creusent.

En partie centrale du massif, les Grès armoricains succèdent aux schistes pourpres. De couleur beige clair à blanchâtre, ils forment une masse uniforme et compacte de grès quartzeux sur une épaisseur de plusieurs dizaines de mètres. La présence de rides d'oscillation et vaguelette témoignent de leur origine tidale.

A sa base, cette formation des Grès armoricains présente une couche de minerai de fer d'origine sédimentaire.

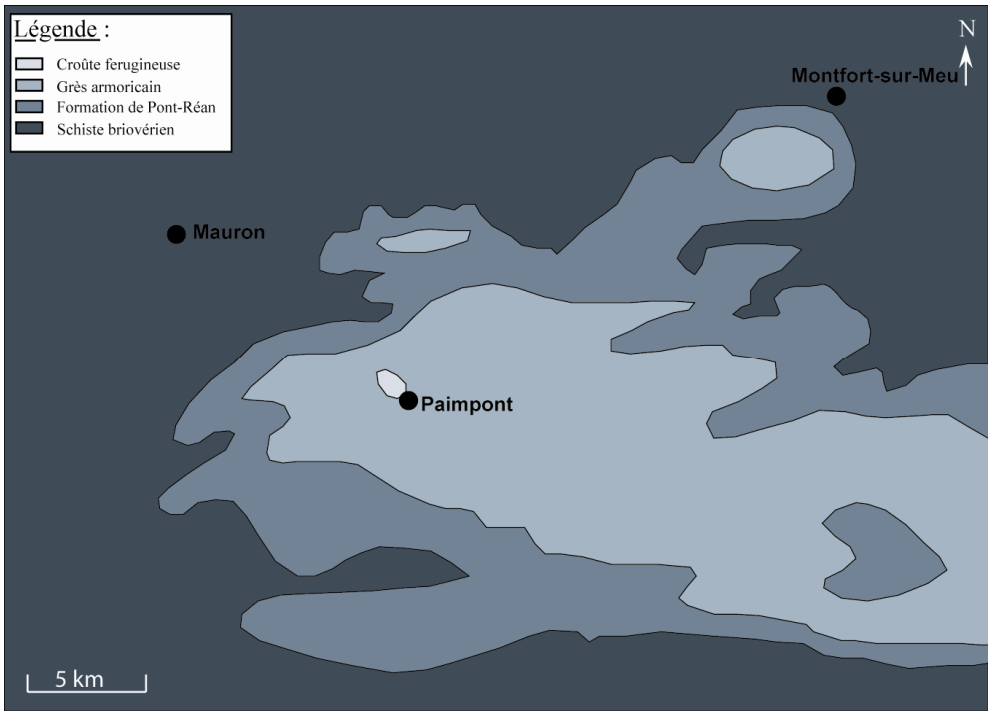


Figure 2 : carte géologique simplifiée du Massif de Paimpont (d'après J.-J. Chauvel in (Girault 2005))

Enfin, au Tertiaire, précisément à l'Eocène, un placage d'argile s'est mis en place surtout sur les Grès armoricains. La présence d'un climat chaud et humide à cette période a favorisé la formation de croûtes ferrugineuses, probablement d'origine latéritique. Elles ont été exploitées comme minerai pour les hauts-fourneaux, notamment à l'Etang bleu, près du bourg de Paimpont.

Les roches ordoviciennes, situées au cœur du massif, sont très riches en silice. Il en résulte leur grande résistance qui se révèle dans le paysage sous la forme d'un relief marqué. Le massif forme une éminence topographique orienté Est-Ouest, qui culmine à 256 m NGF, et contraste fortement avec la plaine briovérienne environnante (Figure 3).

En se décomposant, ce substratum engendre des sols acides imperméables.

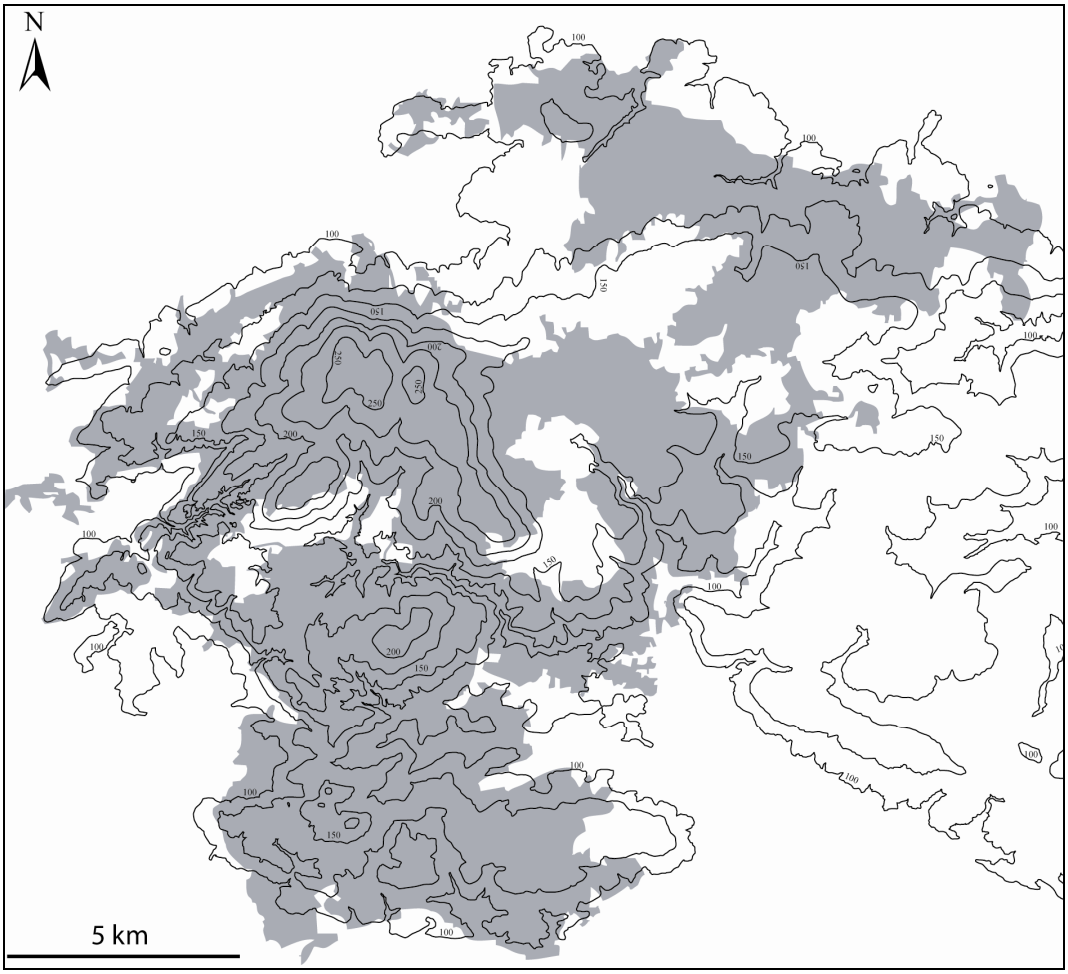


Figure 3 : Carte topographique du massif de Paimpont (altitude en m NGF)

1.2 Le climat

Située dans la péninsule armoricaine, la région paimpontaise possède un climat largement soumis aux influences maritimes. Comme toutes les régions à climat océanique, elle connaît des hivers doux et pluvieux et des étés frais et relativement humides. Le maximum de pluviométrie s'observe généralement au cours de la saison froide.

Les données météorologiques de 1997 à 2006 (Figure 4) indiquent que les précipitations annuelles moyennes se situent entre 800 et 900 mm/m² et peuvent localement atteindre jusqu'à 1000 mm/m² (Corillion 1971).

La température moyenne annuelle avoisine les 11°C (Figure 5), avec des hivers cléments (4-5 °C en moyenne) et des valeurs estivales d'environ 17 °C. Sur les lignes de crête, des variations locales peuvent être observées. Elles représentent une baisse des moyennes annuelles de l'ordre de 1 °C (Corillion 1971).

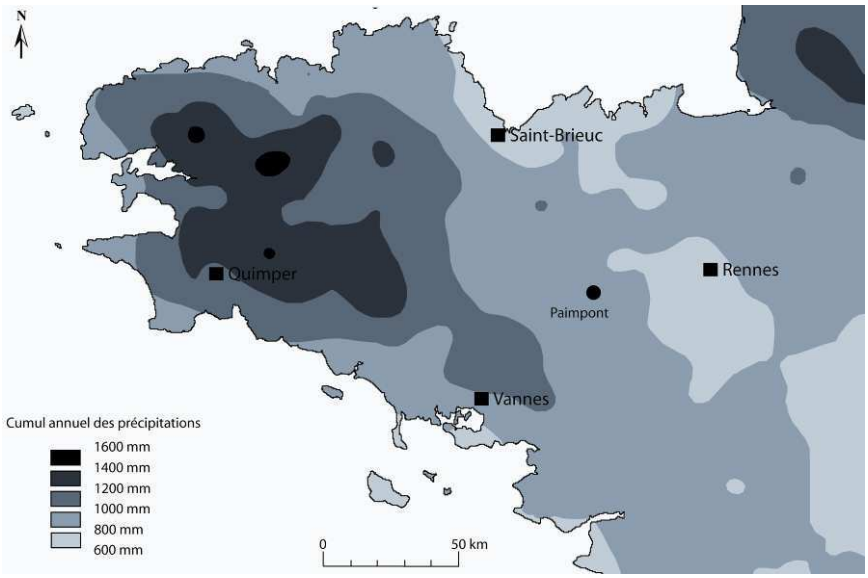


Figure 4 : carte des précipitations annuelles en Bretagne : moyenne sur la période 1997 – 2006 (d'après les données Météo France)

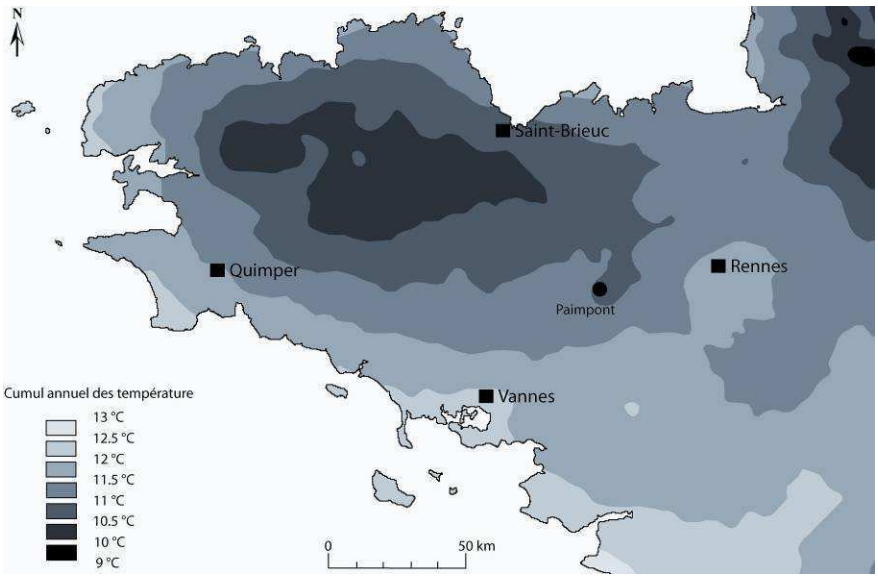


Figure 5 : carte des températures annuelles en Bretagne : moyenne sur la période 1971 - 2000 (d'après les données Météo France)

1.3 L'hydrographie

Le massif de Paimpont possède un réseau hydrographique très développé, fruit de l'imperméabilité des sols et de la forte pluviosité (Figure 6). Les nombreux ruisseaux qui prennent leur source en forêt ont creusé des vallées profondes qui ont souvent été aménagées pour former des étangs. Une grande partie de ceux-ci a été utilisée pour fournir l'énergie hydraulique nécessaire à l'industrie sidérurgique.

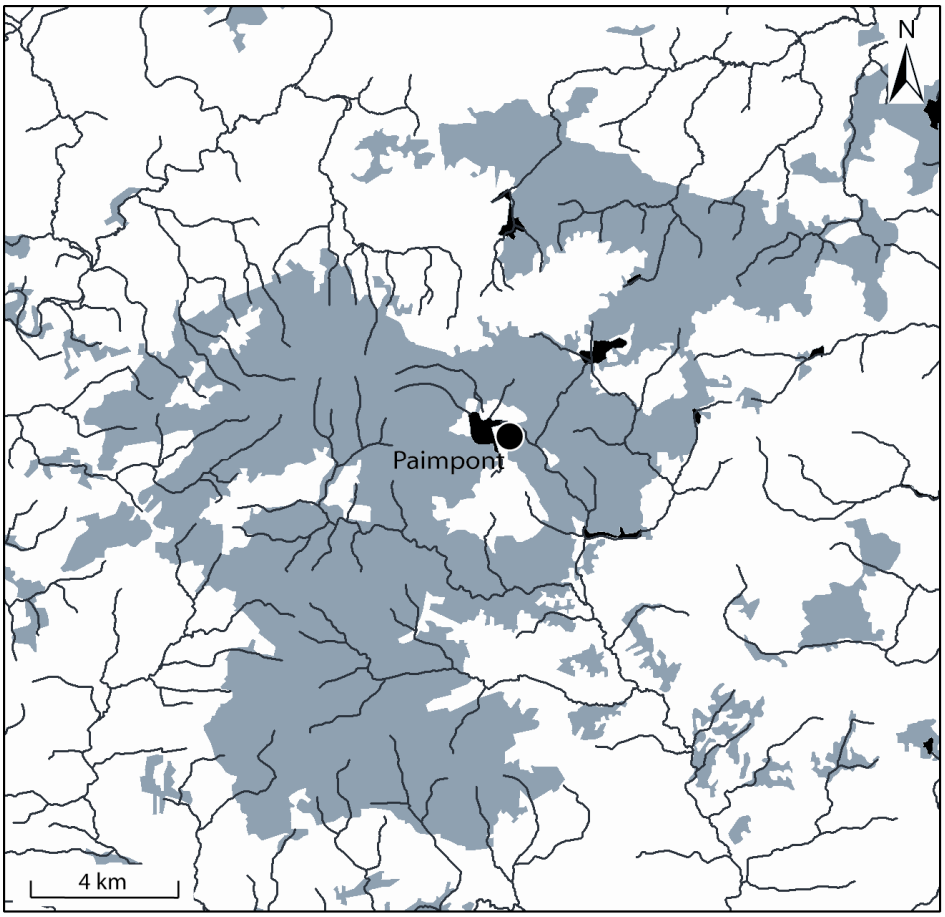


Figure 6 : Carte du réseau hydrographie du massif de Paimpont. (En gris : la forêt actuelle, en noir les cours d'eau et étangs)

1.4 La pédologie

Sur le secteur de Paimpont, la majeure partie des types de sols présents dans l'Ouest de la France sont présents (Figure 7). On y retrouve, entre autre :

- des rankers ou sols peu profonds formés uniquement d'humus. Ils se situent le plus souvent sur les crêtes et les zones de forte pente où la roche mère affleure fréquemment.

- des sols bruns plus ou moins acides se développent lorsque les sols sont plus profonds. Ils occupent les plateaux.
- des sols lessivés et ocres podzoliques qui sont issus soit d'un lessivage dû à la pente, soit d'une acidification par la végétation.
- des sols hydromorphes dans les fonds de vallées et les dépressions. La nappe d'eau y est très présente de façon temporaire (pseudogley) ou permanente (gley).

Des variations de ces profils théoriques ont pu être observées lors de l'analyse de deux toposéquences par F. Roussel (1977). Elles sont la conséquence de phénomènes de podzolisation et de dégradation présents plus ou moins localement sur le massif.

1.5 La végétation actuelle

Selon l'approche phytogéographique, le massif forestier de Paimpont se situe dans le sous-secteur armorico-normand, et plus précisément au niveau du district de Haute-Bretagne-Bas-Maine (Figure 8). Sa situation centrale contribue à faire de ce district le plus banal des quatre espaces bretons. Les cortèges floristiques atlantiques, méditerranéens et circumboréaux n'y sont représentés que par leurs éléments les moins caractéristiques. On y note également la présence de quelques taxons, comme le charme, spécifiques aux cortèges médio-européens et eurasiatiques (Corillon 1971).

Le relief changeant du massif, associé à de fortes variations hydrologiques et aux activités humaines a créé sur le secteur de Paimpont une mosaïque paysagère, où se côtoient de nombreuses associations végétales. On y retrouve aussi bien des végétations colonisatrices composées de mousses et lichens, que des boisements denses.

L'ensemble des groupements décrits ici correspond aux principales associations végétales qui ont été décrites par J. Touffet (1970).

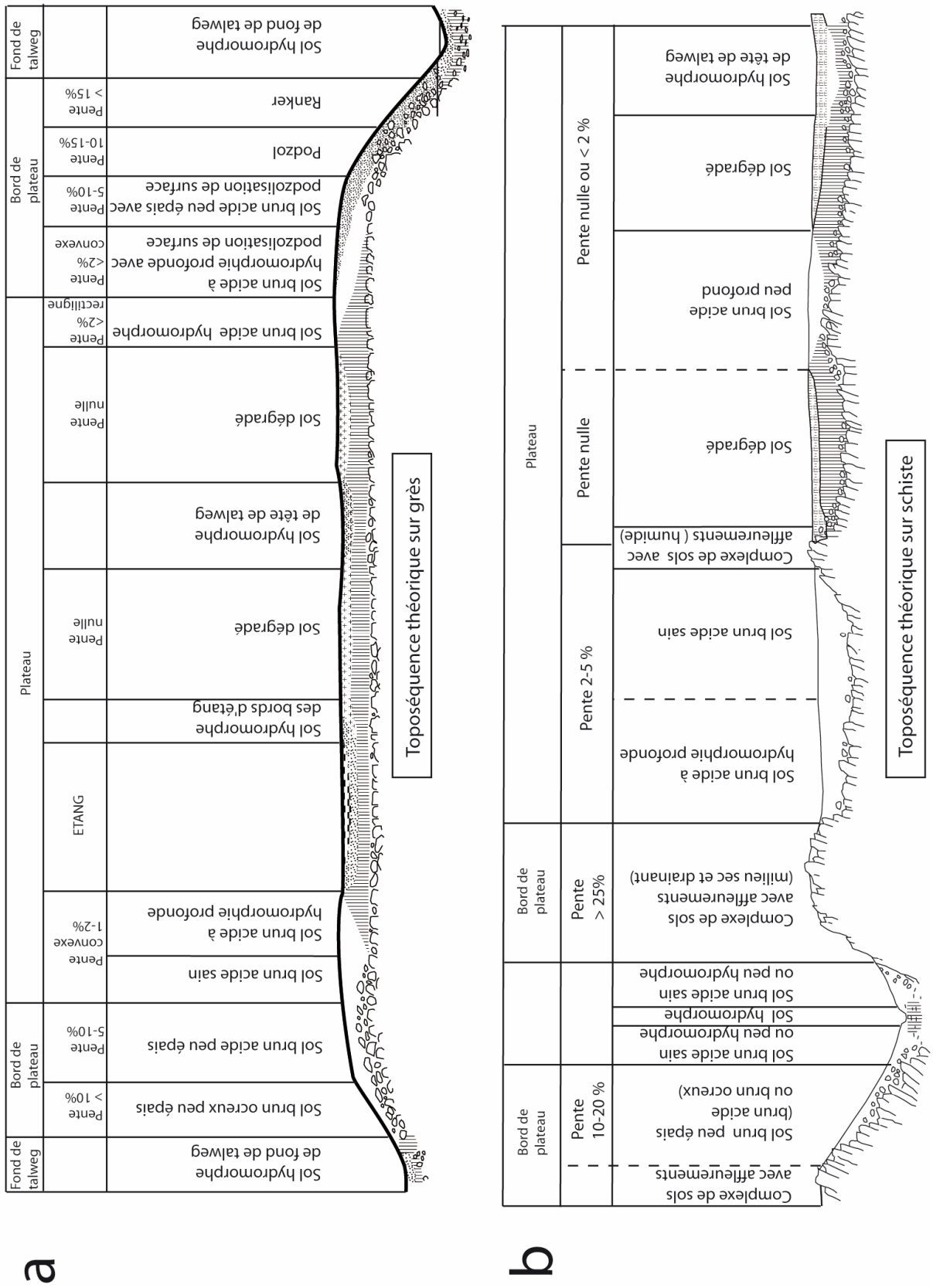


Figure 7 : Pédoséquences théoriques du massif de Paimpont. a) séquence sur grès. b) séquence sur schiste. (Roussel, 1977)

Figure 8 : le sous-secteur phytogéographique armoricain (Corillion 1971)

1.5.1 Les végétations colonisatrices

Elles se développent sur les complexes de sols situés à proximité des affleurements rocheux, le plus souvent au Nord du massif sur le secteur des schistes de Montfort. Trois associations végétales se succèdent en fonction de l'état de développement du sol.

En son absence, seuls des lichens et quelques mousses arrivent à croître sur la roche à nu.

Lorsqu'il atteint 3 cm d'épaisseur, un nouveau groupement végétal succède aux mousses. Il est dominé par l'orpin d'Angleterre (*Sedum anglicum*) et la fétuque bleue (*Fetuca trachyphylla*).

Cette dernière va se développer au fur et à mesure que le sol évoluera. Une pelouse à fétuque s'étend, et lorsque le sol dépasse 5 cm d'épaisseur, l'orpin disparaît au profit de l'ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*) et de la bruyère cendrée (*Erica cinerea*). L'évolution vers une lande sèche se dessine peu à peu.

1.5.2 Les Landes

Ces associations végétales sont très fréquentes sur le massif de Paimpont. Leur physionomie est surtout due aux plantes rases et aux arbustes qui les composent.

En fonction du degré d'hygrométrie du sol, on peut distinguer trois types de landes : les sèches à *Erica cinerea*, celles mésophiles à *Erica ciliaris* et enfin, les humides caractérisées par *Erica tetralix*. Elles peuvent être réunies dans des groupements hétérogènes qui reflètent les accidents de terrain.

1.5.2.1 La lande sèche

Elle se développe majoritairement sur les hauteurs schisteuses en périphérie du massif, mais peu être observée sur les talus ou dans les clairières lorsque le sol est sec et plus ou moins lessivé. Elle succède à la pelouse à fétuque lorsque les sols se développent, favorisant l'installation des arbustes.

Erica cinerea, Ulex europeaus et *Agrostis selacea* sont les trois espèces caractéristiques de ce groupement. Elles sont généralement accompagnées de *Calluna vulgaris, Carex praecox, Carex pilulifera, Hypochaeris radiata, Hierasium pilosella* et *Galium saxatile.* Plus rarement, sur les versants les mieux exposés, un faciès à genévrier (*Juniperus communis*) peut être observé.

En fonction de la dominance des taxons, des paysages très différents se forment. En présence d'un sol encore peu profond, elle prend la forme d'une pelouse où l'agrostis à soie domine. Avec le développement de la bruyère cendrée, puis de l'ajonc d'Europe, une véritable strate arbustive s'installe. Par la suite, quand le sol se sera épaissi, le genêt à balai (*Sarothamnus scoparius*) s'installera et de véritables fourrés se formeront. Quelques pieds de chênes pourront également s'installer, préfigurant la chênaie-hêtraie.

Lorsque les sols sont particulièrement peu épais, comme les rankers, cette association peut constituer un groupement végétal stable.

1.5.2.2 La lande mésophile

Très présente sur l'ensemble du massif de Paimpont, cette association se développe particulièrement bien à mi-pente des versants. Elle prend la forme de grandes prairies où croissent quelques bouleaux et pins.

L'espèce la plus caractéristique de ce paysage est la bruyère ciliée : *Erica ciliaris.* Elle est généralement associée à *Molinia caerulea*, *Pteridium aquilinum* et *Calluna vulgaris*. La fréquence de chacun de ces taxons peut être extrêmement variable. Il en résulte des faciès très divers.

Comme pour la lande sèche, la présence régulière de jeunes plants de bouleaux voire de chênes atteste de l'évolution de cette association vers un boisement soit une chênaie-hêtraie, soit une pinède à pins sylvestres (*Pinus sylvestris*) et surtout pins maritimes (*Pinus pinaster*).

1.5.2.3 La lande humide

Elle se développe surtout dans les bas de versant, en bord d'étang et de tourbière ou au sein de petites dépressions présentes dans les landes mésophiles.

Avec un aspect général très similaire à celui de la lande mésophile, cette association est souvent difficile à identifier. Elle se caractérise toutefois par une plus grande proportion de *Erica tetralix*, qui s'accompagne très fréquemment de taxons comme le saule argenté (*Salix repens*), le genêt d'Angleterre (*Genista anglica*) ou la petite scutellaire (*Scutellaria minor*). Des arbustes croissent fréquemment dans ce groupement. Il s'agit le plus souvent de pieds de bouleau pubescent (*Betula pubescens*), de bourdaine (*Rhamnus frangula*) voire de pin maritime. Bien que rares, le pin sylvestre et le chêne peuvent également être observés.

1.5.3 Les zones humides

La végétation des étangs et de leur rivage a été décrite par M. Lenoir (1958) suite à l'étude floristique de 11 plans d'eau du massif.

Au cœur des étangs, où la nappe d'eau peut atteindre quelques mètres de profondeur, la végétation est de type *Myriophylletum*. Il s'agit d'une association pionnière composée exclusivement d'espèces aquatiques. Le myriophylle à fleurs alternes (*Myriophyllum alterniflorum*), le millefeuille des marais (*Urticularia vulgaris*) et l'hottonie des marais

(*Hottonia vulgaris*) en sont les éléments les plus caractéristiques. Ils sont fréquemment associés aux nénuphars blanc ou jaune (*Nymphea alba* et *Nuphar lutea*), à la châtaigne d'eau (*Trapa natans*) ou à la lentille d'eau (*Lemna minor*).

En marge de ces zones inondées, des associations composées de grands hélophytes se développent. En fonction du taxon dominant, trois formations ont pu être reconnues. La première est caractérisée par la présence de *Sparganium emersum*, plus fréquemment appelé rubanier émergé. Elle se présente sous la forme d'une végétation herbacée dense, d'un mètre de hauteur en moyenne. Des touffes de roseaux à balais (*Arundo phragmites*) et de baldingère faux-roseau (*Phalaris orundinacea*) ponctuent le paysage. La présence de quelques taxons aquatiques dans les assemblages témoigne de la présence ponctuelle de hauteur d'eau plus importante.

Les deux autres appartiennent aux types *Typhetum* et *Scirpetum.* Elles se composent des deux massettes (*Typha angustifolia* et *Typha latifolia*), du scirpe des lacs (*Scirpus lacustris*) et de la prêle (*Equisetum limosum*). Elles prennent l'apparence de roselières denses pouvant atteindre plus de deux mètres de hauteur. Seules des variations de fréquences des taxons permettent de les différencier.

Dans les zones régulièrement asséchées en bord d'étang, une végétation relativement rase se développe. En période d'assèchement, une pelouse colonisatrice s'installe, parfois remplacée ultérieurement par une prairie. Elles se composent d'espèces vivaces comme la littorelle des étangs (*littorella lacustris*) ou l'alisma fausse-renoncule (*Alisma ranunculoides*), mais également de plantes annuelles telles que le jonc nain et l'hottonie des marais.

De nombreuses tourbières sont présentes sur le massif de Paimpont. On les retrouve indifféremment sur les pentes, sur un replat à mi-pente, le long d'un ruisseau, au fond d'un talweg, à proximité d'une rupture de pente concave ou bien encore en queue d'étang comme au Pas du Houx. Bien que J. Touffet (1970) y perçoive 6 faciès, nous ne décrirons ici que ceux propres aux tourbières. Les autres, comme la prairie à *Juncus sylvaticus*, sont très similaires aux associations de bord d'étang décrites précédemment.

Lorsque la tourbière est de type minérotrophe - c'est-à-dire qu'elle est presque exclusivement sous l'influence des eaux météoriques (Manneville et al. 1999)- elle présente une végétation ouverte composée de cypéracées, mousses, arbustes et occasionnellement, de quelques arbres épars. L'espèce la plus représentative est la narthécie des marais (*Narthecium ossifragum*).

Dans les espaces les plus ouverts, soit naturels soit anthropisés, une association temporaire se développe. Elle est caractérisée par la présence de sphaignes et de *Rhynchospora sp.*, un genre de la famille des cypéracées.

Enfin, sur une grande partie des tourbières, on retrouve également un groupement qui associe les sphaignes et la bruyère à quatre angles. Cet assemblage est un bon indicateur de l'évolution de la tourbière vers un système de lande humide et témoigne donc d'une réduction du taux d'humidité.

1.5.4 Les boisements

Sur le massif de Paimpont, trois grands types de boisements sont présents : la chênaie-hêtraie, l'aulnaie-saussaie et la pinède.

L'aulnaie-saussaie se retrouve le long des ruisseaux, sur les sols présentant une hydromorphie importante. Le bouleau pubescent (*Betula pubescens*), le saule roux cendré (*Salix atrocinerea*) et la bourdaine (*Frangula rhamnus*) y sont dominants et recouvrent souvent une strate dense de fougère aigle (*Pteridium aquilinum*).

La chênaie-hêtraie est très présente sur le plateau gréseux du centre du massif. Le chêne sessile (*Quercus sessiliflora*), le chêne pédonculé (*Quercus pedonculata*) et le hêtre (*Fagus sylvatica*) sont les principales essences de la strate arborescente. Leur fréquence est très variable en fonction des conditions locales telles que la topographie, le mode d'exploitation ou l'âge du peuplement. Ponctuellement le charme se développe, formant un faciès assez particulier à *Carpinus betulus*.

La strate arbustive se compose des éléments caractéristiques de la chênaie-hêtraie atlantique. Le houx est le taxon dominant. Les sorbiers et alisiers l'accompagnent ainsi que les poiriers sauvages et les prunelliers. Sur sols humides, le bouleau pubescent et la bourdaine se développent.

Au sol, la strate herbacée est souvent bien développée. Elle est dominée, en fonction des stations, par la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), la molinie bleue (*Molinia caerulea*), la myrtille commune (*Vaccinum myrtillus*) ou le lierre (*Hedera helix*).

Enfin, l'autre boisement du massif (environ 50 %) est la pinède. On y retrouve des espèces plus ou moins exogènes comme le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), le pin maritime (*Pinus pinaster*) et le sapin de Douglass (*Pseudotsuga douglasii*). Résultat de plantations, elle est le lieu d'une exploitation sylvicole importante.

2. Contexte archéologique et historique

2.1 Le Paléolithique final (12700 – 9700 BC)

Dans la continuité du Paléolithique récent, le mode de vie des populations humaines est basé sur le nomadisme et une économie de type chasseurs-cueilleurs. Toutefois des transformations comportementales et technologiques semblent se produire, probablement en lien avec les changements environnementaux de la transition Pléistocène-Holocène. La pratique de la chasse individuelle semble se développer et l'utilisation de l'arc se généralise. Les industries lithiques magdaléniennes de grandes tailles cèdent rapidement leur place à des armatures aux dimensions réduites (Giot et al. 1998)

En Bretagne, la fin du Paléolithique a été définie à partir des industries lithiques de Roc'h-Toul issues du site éponyme situé à Guiclan dans le Finistère et fouillé en 1858 par le Dr Le Hir (Giot et al. 1998 ; Jauretche 1957). Des industries similaires ont été découvertes plus récemment sur le Massif armoricain et ses marches : Guilvinec, Beg-Pol (Brigognan), Runigou à Trebeurden et Quillien au Cloître-Saint-Thégonnec (Gouletquer & Leopold 1991).

Sur le massif de Paimpont, aucun indice de présence humaine à cette période n'a été découvert. Mais ces résultats proviennent plus d'un manque de prospection et une présence humaine à ces périodes n'est certainement pas à exclure, au moins pour la chasse.

2.2 Le Mésolithique (9700 – 6500 BC)

2.2.1 Le Mésolithique ancien (9700 – 8000 BC)

Cette période culturelle correspond à la chronozone dite du « Préboréal ». Elle est très peu renseignée sur le Massif armoricain. Seulement trois sites sont connus : Les 22-Boisselés à Saint-Père-en-Retz, l'Organais à Saintes-Rennes de Bretagne et les Etangs de la Brenière à Montbert (Giot et al. 1998).

Une petite série découverte à Saint-Melaine (Pléchâtel, 35) pourrait également être rattachée à cette période.

2.2.2 Le Mésolithique moyen (8000 – 6500 BC)

A cette époque les populations armoricaines ont toujours un mode vie de type chasseur-cueilleur. A partir de l'étude du mobilier lithique O. Kayser (1984) a pu mettre en évidence trois groupes culturels :

- le type Bertheaume, à l'ouest de la péninsule armoricaine.
- Le groupe normano-breton, sur la côte nord, du Cotentin à la Bretagne centrale.
- Le groupe sud-breton situé le long la côte sud-armoricaine, de Lorient jusqu'au sud de la Loire.

Les nombreuses campagnes de prospection pédestre menées par P.L. Gouletquer dans le Finistère lui ont permis d'élaborer un modèle de gestion de l'espace au Mésolithique, qui semble applicable à l'ensemble de la péninsule armoricaine (Gouletquer et al. 1996 ; 1994).

Selon ce modèle, les populations mésolithiques se seraient installées de façon importante à une quinzaine de kilomètres de la mer, sur des sites offrant généralement des roches siliceuses appropriées à la taille.

A partir de ces camps, peut-être permanents, des migrations régulières devaient soit partir vers la côte, soit vers l'intérieur des terres. Les premières devaient avoir pour objectif, entre autre, l'acquisition de galets de silex, tandis que les secondes se tournaient peut-être plus vers l'acquisition de nourriture.

Enfin, autour de ces installations importantes des campements secondaires gravitent. Ils se caractérisent par une faible quantité de matériel qui présente souvent une surreprésentation de l'outillage. Ces sites devaient servir essentiellement à l'acquisition de ressources locales par la pêche, la chasse ou la cueillette.

Ce mode de gestion des territoires et de leurs ressources semble avoir perduré durant le Mésolithique final.

2.3 La néolithisation : Mésolithique final / Néolithique ancien (6500 –4600 BC)

Le processus de néolithisation correspond essentiellement à l'apparition de la culture des plantes et de la domestication des animaux. Pour l'Europe ce phénomène se produit par diffusion saccadée depuis le Proche-Orient suivant deux voies : par l'Europe central en suivant le Danube d'une part, le long du littoral méditerranéen d'autre part. Avec sa position extrême-occidentale de l'Europe, l'Armorique s'est retrouvée à la convergence de ces deux

courants, le premier arrivant par la Basse-Normandie et la Loire, l'autre par le Poitou et la Vendée.

A cette période, en Bretagne, la culture dite du Mésolithique côtier armoricain ou « Téviécien » se développe. Elle a été définie à partir du site littoral de Téviec fouillé par M. et S.J. Péquart (1937). Lors de la fouille plusieurs foyers culinaires, des objets en bois de cerf mais surtout des structures funéraires ont été découverts. La présence d'un important amas coquillé a permis la préservation de nombreux vestiges, notamment osseux. L'archéozoologie a montré la présence d'une alimentation carnée composée essentiellement de sanglier, cerf et chevreuil, mais de plus petits mammifères comme le castor, le renard ou le hérisson étaient également consommés.

Les premiers indices matériels restent assez rares et il faut attendre la transition avec le premier quart du Vème millénaire pour attester archéologiquement de la présence d'un « Néolithique ancien » qui peut être rattaché, à partir de ses assemblages céramiques, au groupe du Villeneuve-Saint-Germain comme sur le site du Haut-Mée à Saint-Etienne-en-Coglès (Cassen et al. 1998). Avec la néolithisation, le mode de vie change, les populations deviennent sédentaires. Autour de leurs habitats, les hommes cultivent le blé et l'orge nue ainsi que des légumineuses (pois et lentille). La cueillette contribue toujours à l'alimentation avec par exemple, les glands et les noisettes (Marinval 2008).

A Paimpont, les indices d'occupations humaines à cette période sont très ténus. Seule la découverte d'un petit trapèze en silex du type de Téviec dans le paléosol du site du « Jardin aux Moines » atteste d'une présence aux environs de 6000 – 5000 BC (Briard, 1989).

2.4 Le Néolithique moyen (4600 – 3500 BC)

Il commence lorsque l'ensemble du territoire français est colonisé par le nouveau mode de vie apporté par la néolithisation. Les changements qui se produisent maintenant ont lieu au sein des deux groupes précédents. A partir des assemblages céramiques deux sous-périodes ont été distinguées :

- le Néolithique moyen I est caractérisé par la culture du Cerny (4700 – 4200 BC), qui trouve ses origines dans les cultures rubanées et post-rubanées comme le Villeneuve-Saint-Germain. Il se subdivise en plusieurs groupes régionaux comme le Chambon en moyenne Loire et, plus localement, le Castellic ancien dans le Morbihan (Boujot & Cassen 1992).

- Le Néolithique moyen II (4200 – 3500 BC) correspond aux industries céramiques du type chasséen avec des coupes à socle.

Localement, la présence de populations humaines sur le massif de Paimpont n'a pas pu être mise en évidence de façon certaine. Seules les premières phases du site du Jardin aux Moines (Néant-sur-Yvel) pourraient dater au plus du Néolithique moyen (Briard 1989). Les divers menhirs inventoriés (la Pierre Droite, la Prise de Comper…) se rattachent sans doute à cette période qui a vu l'édification de l'alignement des Pierres droites à Monteneuf (Lecerf 1999).

2.5 Le Néolithique récent/final (3500 – 2300 BC)

Cette période débute avec l'arrêt de la construction et de l'utilisation des tombes à couloir. A la place, les défunts sont inhumés de façon collective dans des sépultures à entrées latérales, puis, entre 3000 et 2500 BC environ, dans les sépultures à portique de type angevin et les allées couvertes. La répartition de ces monuments sur l'ensemble du territoire, contrairement aux précédents concentrés sur le littoral, témoigne d'une mutation dans la société armoricaine à partir du Néolithique récent. Il faut peut-être y voir une nouvelle répartition des populations (Tanguy et al. 2002).

Grâce aux travaux menés par J. Briard sur les mégalithes de la région de « Brocéliande », les témoins d'occupations humaines attestés pour cette période sont plus nombreux (Briard 1989, Figue 9). La partie récente du site du Jardin au Moines date de 3500 – 3000 BC d'après les fragments de céramique grossière mis au jour. A l'Hôtié de Viviane ont été découverts une flèche à pédoncule central, des haches en dolérite et de nombreux fragments de céramique proches des variantes armoricaines du type S.O.M. Ils témoignent d'une occupation du Néolithique final, attribution confirmée par une datation radiocarbone à 4370 ± 80 BP (3338 – 2880 BC). Enfin, légèrement à l'ouest, l'allée couverte de la Ville Bouquet (Ploërmel) a été datée du Néolithique final et son utilisation a perduré jusqu'au début du IIème millénaire avant notre ère.

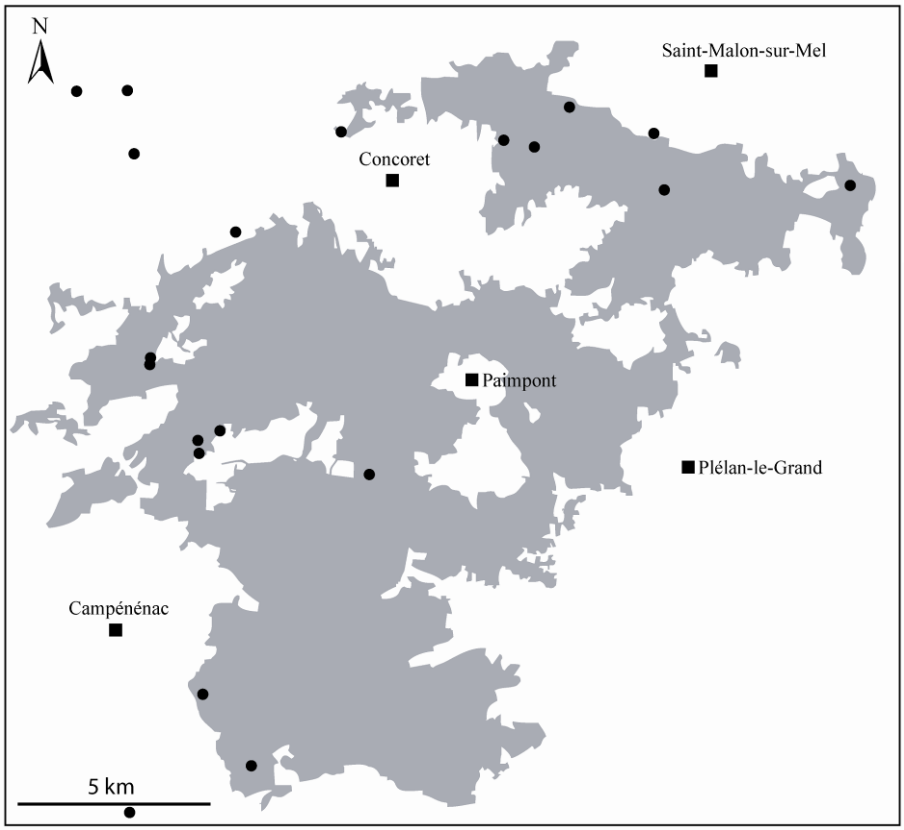


Figure 9 : Carte de répartition des vestiges néolithiques dans la région de Paimpont d'après la carte archéologique de Bretagne

2.6 L'âge du Bronze (2300 – 800 BC)

Il débute pendant le dernier tiers du IIIème millénaire avec l'apparition de la civilisation des tumulus. Aux alentours de la moitié du second millénaire avant notre ère, la typologie des monuments sépulcraux évolue. Les inhumations en coffre et en caveaux se multiplient marquant le passage à l'âge du Bronze moyen. Puis vers 1100 BC la construction de ces monuments s'interrompt. Ils sont remplacés par des inhumations sous forme d'urnes cinéraires enterrées ou placées sous des tombelles, qui caractérise cette dernière période appelée âge du Bronze final (Giot et al. 1995).

C'est pendant l'âge du Bronze moyen que la métallurgie armoricaine a connu son développement. Le groupe de Tréboul a notamment produit des épées en bronze, dont des exemplaires ont été retrouvés jusqu'en Hollande. A la même période, de grandes quantités de haches à talon ont été produites. Nombre d'entre elles ont été découvertes au sein d'importants dépôts qui pouvaient en contenir plusieurs dizaines.

Les habitats de l'âge du Bronze ont longtemps été méconnus, mais le développement de l'archéologie préventive a permis l'acquisition récente de nouvelles données (Carozza et

Marcigny 2007). Souvent, des fermes isolées sont retrouvées. Elles se composent d'un unique bâtiment d'habitation autour duquel gravitent différentes structures d'acquisition ou de stockage des matières premières (silos, fosses d'extraction…). La découverte de traces de piquets de clôture témoigne d'activités pastorales. Parfois ces unités apparaissent plus resserrées et semblent former un « village ».

Quelques découvertes archéologiques attestent d'occupations humaines sur le massif de Paimpont à cette période (Figure 10). Le site funéraire du « Tombeau des géants » est un tumulus construit en réutilisant trois menhirs abattus. Sa fouille pendant l'été 1982 n'a livré que peu de matériel, mais sans doute attribuable à l'âge du Bronze (Briard 1989). Sur le site du « Jardin aux Moines », un foyer daté entre 2290 et 1695 BC atteste d'une réutilisation du monument à cette période. Enfin, on citera la découverte de deux dépôts de haches en bronze sur la commune de Gaël (Briard et Bourhis 1973).

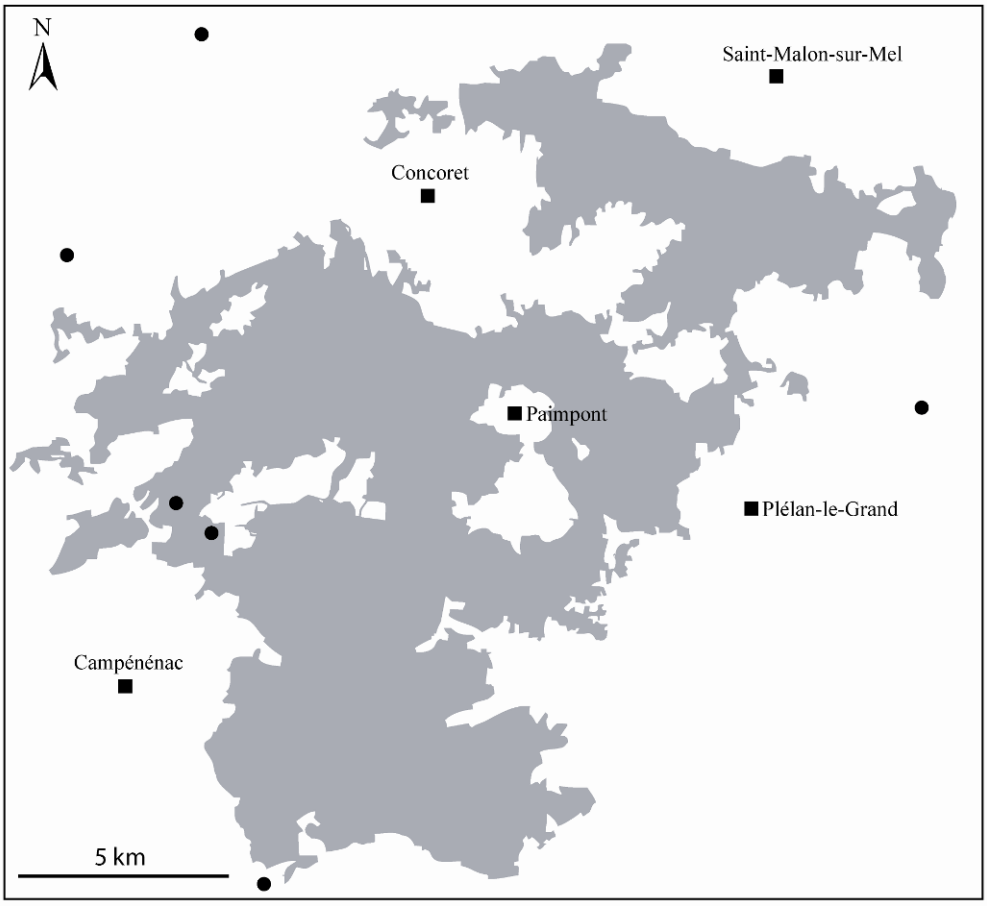


Figure 10 : Carte de répartition des vestiges de l'âge du Bronze dans la région de Paimpont d'après la carte archéologique de Bretagne

2.7 L'âge du Fer (800 – 50 BC)

Le contexte culturel décrit ici repose essentiellement sur les ouvrages de P. Brun & P. Ruby (2008) et de P.-R. Giot et al. (1995).

2.7.1 Le Hallstatt

Cette période débute au VIIIème siècle avant notre ère avec l'apparition de la technologie de production du fer. Toutefois, la production et l'utilisation de ce nouveau métal ne semble pas s'être suffisamment développées, à ces débuts, pour entraîner de véritables changements dans toutes les classes de la société. Les pratiques et le mode de vie de la fin de l'âge du Bronze perdurent.

Le quotidien continue de fonctionner en fermes isolées, hameaux ou villages, même si des organisations de type urbain semblent avoir pu exister en fin de période comme l'indique les découvertes de Bourges et de la Heuneburg en Allemagne. L'agriculture mixte reste le principal pilier de l'économie. A côté des cultures céréalières et vivrières, se retrouve l'élevage de bovins et caprins mais également de porcs.

Pour cette période seulement deux sites archéologiques sont connus localement. Le premier est un dépôt de haches découvert dans les années 1910 à Fieux (Gaël). L'autre est l'atelier sidérurgique du Bois Jacob fouillé par J.-B. Vivet de 2006 à 2008.

2.7.2 La Tène

A la période laténienne, une grande majorité de la population devait connaître un mode de vie rural dans un mode très dispersé d'occupation du territoire. Les petites fermes semblent s'être installées de préférence sur les hauteurs, en bord de colline ou sur les plateaux. Elles étaient clôturées par un réseau de talus et fossés, voire quelques palissades à faible rôle défensif. Autour de l'habitat se situait un ensemble de prés et champs. Dans ces parcelles, le développement de l'utilisation du fer, entraîne une modification des pratiques. Les travaux de V. Matterne sur le Bassin parisien montrent un passage d'une pratique de la méture (plusieurs plantes cultivées sur une même parcelle) au IVème siècle à la monospécificité des cultures sur chaque parcelle au IIIème siècle (Matterne 2003).

C'est à cette période que les textes des auteurs antiques nous renseignent sur les ethnies celtes. La péninsule armoricaine apparaît divisée entre quatre peuples : Osismes,

Coriosolites, Vénètes et Rediones. La forêt de Paimpont, située en centre-est Bretagne semble être à la limite méridionale du territoire coriosolite, à la frontière avec ceux des Vénètes et des Rediones. Les campagnes de prospections aériennes menées depuis 1986 par M. Gauthier ont permis d'inventorier 600 systèmes d'enclos en périphérie du massif de Paimpont. Une grande partie d'entre eux semble pouvoir être attribuée à La Tène (Gauthier, 1999). A l'intérieur même du massif, plusieurs enclos ont également pu être découverts. Toutefois, le contexte forestier rend difficile la découverte de matériel archéologique et rares sont les vestiges qui ont pu être datés. En revanche, les prospections menées par G. Larcher, J. Boucard et plus récemment J.-B. Vivet ont permis d'inventorier plus de 200 ateliers métallurgiques qui sont attribuables à cette période à partir de leur typologie (Figure 11).

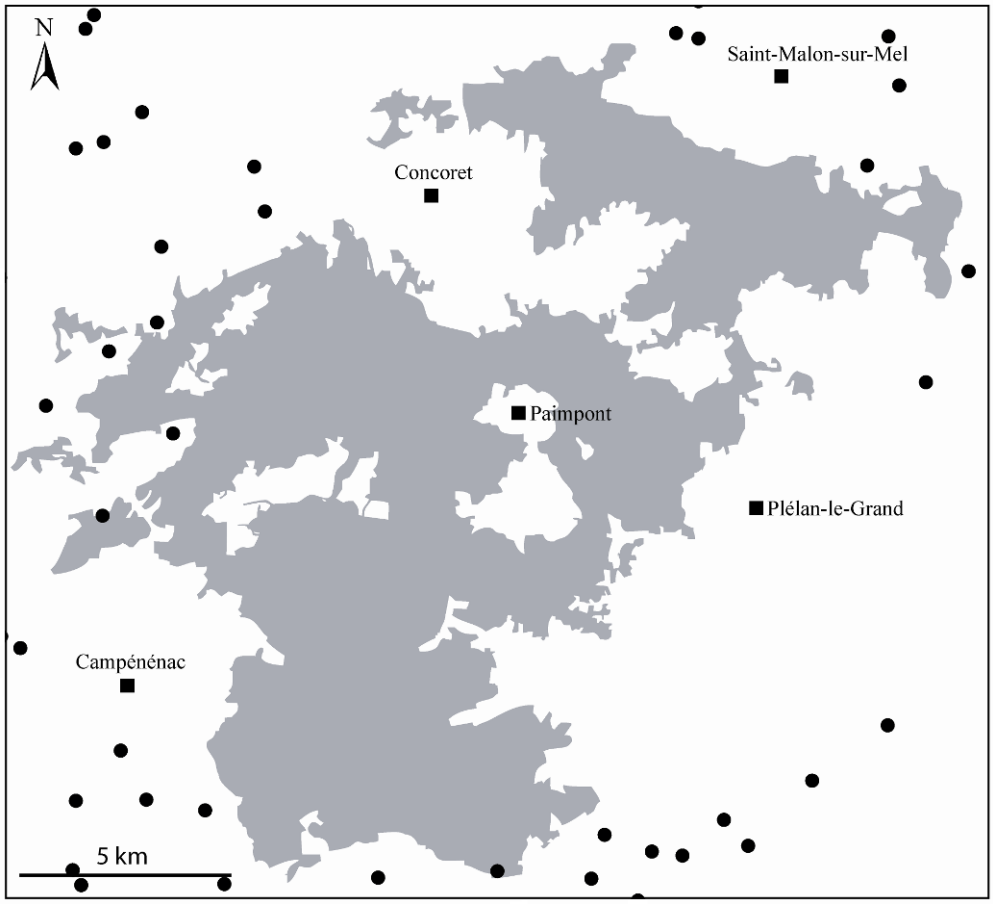


Figure 11 : carte de répartition des vestiges attribués à l'Âge du Fer dans la région de Paimpont d'après la carte archéologique de Bretagne

2.8 La période gallo-romaine (50 BC – 500 AD)

La description du contexte de cette période s'appuie essentiellement sur les ouvrages de P. Galliou (1991) et L. Pape (1995).

En 57 BC, Jules César a fait campagne contre les peuples belges et armoricains. L'intervention de la légion VIIa en Armorique semble avoir été relativement aisée et les territoires conquis rapidement.

Lors de son intégration à l'Empire romain, la Gaule fût divisée en quatre provinces. Celles-ci étaient subdivisées en *civitates*, qui conservaient les limites des territoires armoricains préexistants. Au sein de chacune de ces cités, le territoire était organisé de façon pyramidale. Les administrateurs romains ont créé, souvent *ex nihilo*, des chefs-lieux pour chaque cité (*Condate, Darioritum, Vorgium*…). Ils servaient de siège aux institutions politiques. Ailleurs se trouvaient des villes plus petites comme à Quimper ou Locmariaquer. L'échelon inférieur se compose d'habitats agglomérés trop petits pour appartenir aux catégories précédentes. Ils sont souvent méconnus en dehors de campagnes de prospection. Enfin, à la base du système se trouvent les établissements ruraux. Plusieurs milliers d'entre eux ont été dénombrés en Bretagne. Ils se répartissent de façon hétérogène sur l'ensemble du territoire. Pour relier l'ensemble de ces installations, un important réseau viaire a été créé. Dans ces grandes lignes, il a perduré jusqu'au XVIIIème siècle.

Jusqu'au IIIème siècle de notre ère, l'Armorique semble avoir connu une période de prospérité. Puis, à partir de 260, commence un période de troubles intérieurs et de menaces d'invasion. Elle conduit à l'abandon d'un grand nombre de *villae* autour des années 270-280 (près de 70% des établissements rediones et coriosolites selon certaines estimations). Dans les cités les conditions de vie se dégradent également. Aux IVème et Vème siècles celles de *Darioritum*, *Condate* et *Condevicnum* s'enferment derrière des remparts. Pour renforcer les défenses des soldats bretons d'outre-Manche sont appelés. Les migrations commencent.

Les différentes reconstitutions territoriales pour cette période placent toujours le massif de Paimpont à l'extrême sud de la cité des Coriosolites, à la limite de celles des Rediones et des Vénètes, dans la continuité des divisions territoriales de La Tène. Ce territoire se trouvait à proximité de trois axes de circulation. Au nord, la voix Rennes-Carhaix franchit la Meu puis passe au sud de Montfort-sur-Meu et de Saint-Méen-le-Grand. A hauteur

d'Iffendic, elle se scinde en deux pour donner naissance à l'axe Rennes-Quimper qui court au Nord de Saint-Gonlay puis à environ 3km au sud du bourg de Gaël. Le troisième axe, au tracé plus hypothétique, a été décrit par le marquis de Bellevue (1913). Il s'agit de l'axe Corseul-Rieux. Confondu avec le « chemin du Roy » à Guer, il traverserait ensuite le camp de Coëtquidan. La végétation forestière ne permet pas de le suivre plus avant. Il n'est retrouvé que plusieurs kilomètres plus loin, à la limite entre Gaël et Muel. Entre ces deux observations, elle correspond peut-être à l'actuelle route départementale qui traverse le Bourg de Paimpont depuis Concoret.

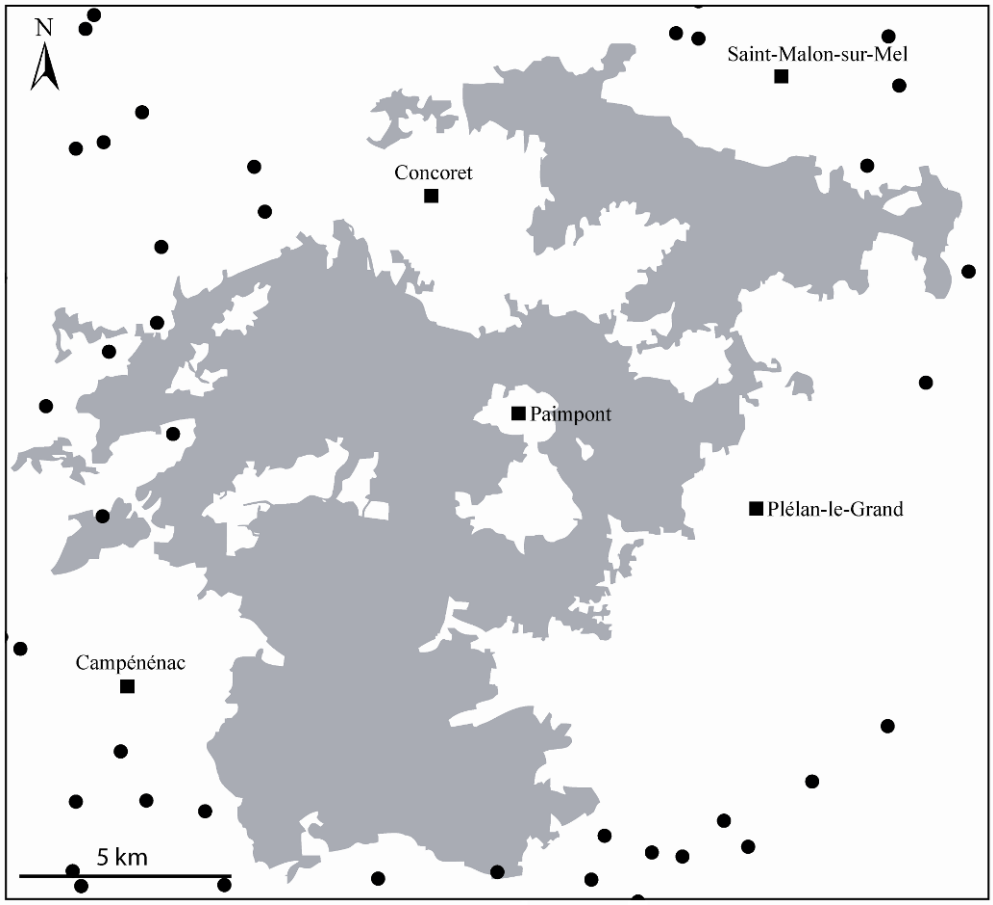


Figure 12 : carte de répartition des vestiges gallo-romains dans la région de Paimpont d'après la carte archéologique de Bretagne

Comme pour les périodes précédentes, les vestiges romains sont difficilement repérables en contexte forestier. L'occupation du territoire apparaît donc essentiellement située en périphérie du massif sur la carte archéologique de Bretagne (Figure 12). Plusieurs sites d'occupation ont été découverts au début du XXème siècle. Des fouilles ont été menées par l'Abbé Le Claire, notamment au « Château de Sainte Onenne » (Tréhorenteuc). Elles ont révélé l'existence d'une *villa* à hypocauste associée à un atelier de métallurgie. Les

prospections aériennes de M. Gauthier ont permis d'inventorier au moins une dizaine de sites de cette période sur les communes de Mauron, Néant-sur-Yvel et Campénéac. Sur les autres côtés du massif, un grand nombre de sites romains ont également été découverts. Avec au nord, par exemple, la présence d'une petite agglomération sur la commune d'Iffendic. Elle se serait développée à la faveur du carrefour routier entre les deux voix citées précédemment (Monteil 2007). Au sud également, des vestiges ont été découverts. On peut citer, par exemple, les éléments de colonnes découverts à proximité de la chapelle Saint-Etienne de Guer (Orhan 2004) et la *villa* de La Démardais (Porcaro) fouillée par O. Blin (1993). L'est du massif semble plus pauvre en vestiges avec seulement cinq sites sur les communes de Plélan-le-Grand et Maxent.

A l'intérieur même de l'actuel massif forestier, les indices sont encore plus rares. Dans le bourg de Paimpont, au lieu-dit la Croix du Houx, des sondages réalisés par J.-B. Vivet en 2005 ont mis au jour quelques fragments de *tegulae*.

2.9 Le Moyen Âge (500 AD – 1500 AD)

Les données utilisées pour décrire le contexte historique de cette période proviennent, sauf indications contraires des ouvrages d'A. Chédeville et H. Guillotel (1984), A. Chédeville et N.-Y. Tonnerre (1987), Poisson et Le Mat (2000) et Giot et al. (2003).

Avec la chute de l'Empire romain, les pressions angles, saxonnes et pictes ont du s'intensifier sur l'île de Bretagne. Elles ont imprimé un nouvel élan au mouvement migratoire des bretons insulaires. Une partie des migrants s'est installée à l'Ouest de la péninsule armoricaine et a formé deux nouveaux territoires : la Domnonée au nord et la Cornouaille au sud. D'autres sont arrivés aux environs du Golfe du Morbihan et formèrent la principauté du Bro-Werec. La trace de leur installation se retrouve notamment dans la toponymie. Les noms de lieux formés à partir du préfixe *Plou-* témoignent de la présence d'une paroisse primitive bretonne. De nombreux conflits ont opposé ces populations nouvelles avec le pouvoir franc qui maîtrisait la France septentrional, dont les territoires de Nantes et Rennes.

Avec l'apparition de la dynastie carolingienne au VIIIème siècle, la pression franque s'est faite plus forte. Dès les années 750, Pépin le Bref a conduit une expédition contre la Bretagne et a repris Vannes. De nombreux conflits suivirent. Ils aboutirent à la conquête de la région par Louis le Pieux en 820 AD. Au cours des IXème et Xème siècles, la Bretagne a connu

une période de troubles. Révoltes et alliances contre les Vikings ont rythmé les relations entre rois francs et chefs bretons. Elles ont conduit à l'élévation au trône de Bretagne d'une famille dont le territoire semble se situer entre la Vilaine et Plélan-le-Grand.

Les traces de cette période sont très peu visibles actuellement dans la région de Paimpont. De nombreux toponymes en *Plou-* comme Ploërmel et sans doute également Plélan témoignent de l'installation précoce de populations bretonnes. D'autres, tels que Campénéac, indiquent le maintien de communautés latines. Les abbayes de Gaël et Maxent semblent avoir été fondées au cours de cette première période du Moyen Âge, ainsi que le prieuré de Paimpont.

Pendant les trois premiers siècles du second millénaire, la Bretagne a connu une phase de lente expansion. De nouvelles terres ont été défrichées, principalement pour la culture des céréales. Les bois, landes et friches servaient au pacage des troupeaux. En parallèle, la société se transforme. La féodalité se met en place. Le pouvoir est décentralisé. Des seigneurs reçoivent des terres du Duc avec charges de les administrer.

Cette période de croissance est légèrement interrompue en 1156 lorsque Henry II Plantagenêt envahit le comté de Nantes et tente de s'approprier toute la Bretagne. Son opposition avec les rois de France amena ceux-ci à soutenir la Bretagne. Après avoir libéré la région, Philippe Auguste a nommé Pierre de Dreux à la tête du Duché de Bretagne. Il s'en suivit une période de relative tranquillité jusqu'au milieu du XIVème siècle.

En 1341 le Duc Jean III meurt sans laisser d'héritier direct. La couronne ducale est alors disputée entre Jeanne de Penthièvre, sa nièce, et Jean de Montfort l'Amaury son demi-frère. La première justifiait son titre par la coutume de Bretagne tandis que l'autre s'appuyait sur le droit français. Cette situation conduisit à la Guerre de succession entre 1341 et 1364. En plus d'opposer les deux camps bretons, ce conflit s'inséra dans les luttes entre rois de France et d'Angleterre. Le premier soutenait Jeanne de Penthièvre, l'autre le parti de Montfort. Cette guerre se termina avec la bataille d'Auray suivie de la signature du traité de Guérande le 12 avril 1365. Jean de Montfort devenait Duc de Bretagne. Cette période de trouble est également marquée par la présence d'épidémie comme la peste noire qui touche l'ensemble de l'Europe en 1348.

Malgré une chute démographique au début du XVème siècle, la Bretagne de la fin du Moyen Âge connaît un essor économique. Sa neutralité dans les conflits opposant France et Angleterre lui permit de devenir une zone d'échange commerciale entre les deux rivaux.

L'industrie textile se développa et ses productions furent exportées par bateaux avec d'autres produits comme le vin et le sel.

Mais cette situation d'autonomie ne pouvait durer. A la fin de la Guerre de Cent ans Louis XI décide de soumettre à nouveau le duc de Bretagne. Il envoie son armée en 1487 et remporte une victoire décisive à Saint-Aubain-du-Cormier l'année suivante. La duchesse Anne épouse Charles VIII puis son successeur Louis XII. Sa fille Claude épousa François Ier et légua au Dauphin, son fils, le duché de Bretagne. En 1532 le rattachement à la France est total avec la signature du Pacte d'Union entre la couronne de France et les états de Bretagne.

Pour cette seconde moitié du Moyen Âge les témoins matériels et textuels de l'histoire locale sont nombreux. Nous pouvons citer aisément à l'intérieurement du massif l'abbaye de Paimpont, la « Motte Salomon » (Beuchet et Hurtin 1993) et les ferriers médiévaux. Aux alentours se trouvent les châteaux de Comper, Boutavent, Trécesson… (Figure 13). Parmi les textes disponibles nous ne citerons que les « Usements de la Forêt de Brécilien » sur lesquels nous reviendrons ultérieurement (cf. approche historique et archéologique).

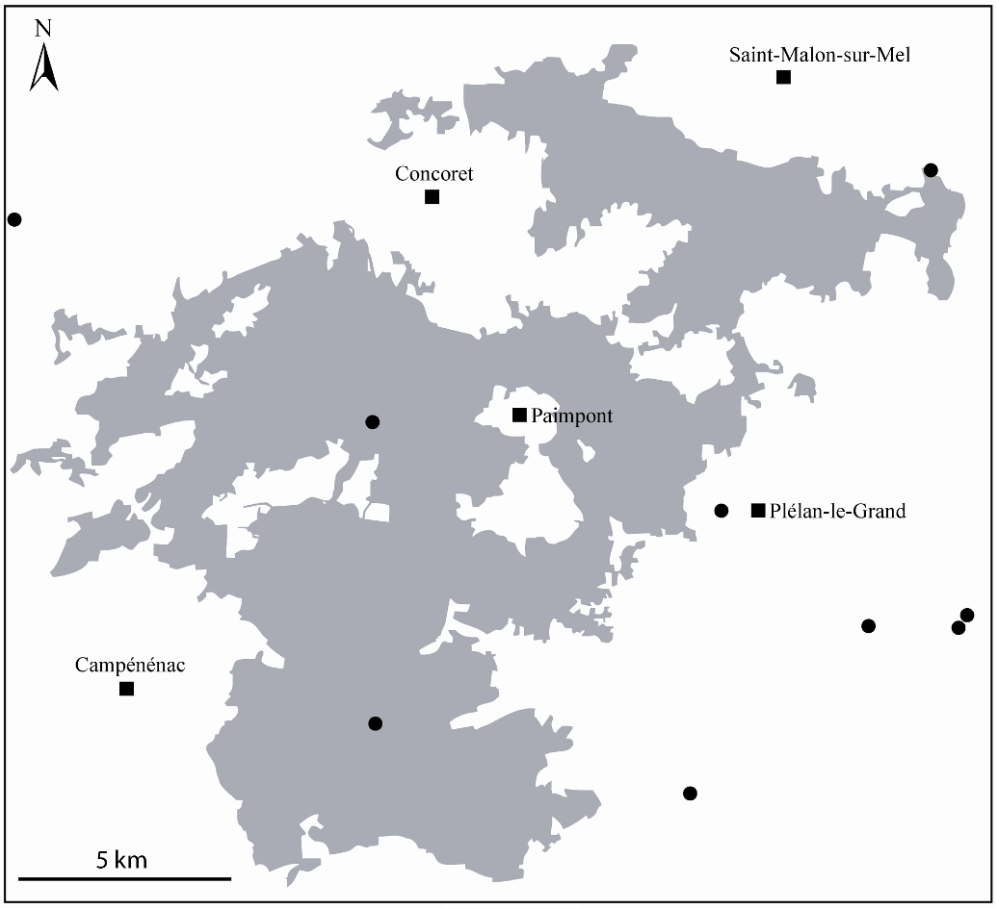


Figure 13 : carte de répartition des vestiges médiévaux dans la région de Paimpont d'après la carte archéologique de Bretagne

2.10 La période moderne (1500 AD – 1800 AD)

Les XVIème et XVIIème constituent un « âge d'or » de la Bretagne (Poisson & Le Mat 2000). La fin de la guerre d'Indépendance marque un retour de la paix. Grâce à la situation centrale de la région dans le commerce maritime la prospérité s'accroît. L'industrie du tissu se développe. Les toiles fabriquées dans les campagnes sont vendues en ville ou exportées.

L'agriculture prospère aussi. Les terres cultivées s'étendent. Elles servent essentiellement à la production de céréales et de blé noir. L'élevage est également bien développé. Les troupeaux sont mis en pâture dans les landes, les friches et les bois. L'accès à ces derniers tendront toutefois à se réduire avec la réforme des « Eaux et Forêts » en 1669. C'est à cette période que le paysage rural se transforme. Le bocage se développe (Marguerie et al. 2003).

Cette atmosphère globalement paisible est ponctuée de périodes de troubles comme la Guerre de la Ligue ou des incursions anglaises au milieu du XVIIIème siècle.

Dans notre zone d'étude, l'élément le plus marquant de cette période est le développement de l'industrie sidérurgique. Le procédé de réduction indirect apparaît. La société des « Forges de Paimpont » est créée en 1653.

2.11 La période contemporaine (1800 AD – aujourd'hui)

La révolution et les conflits avec l'Angleterre ruinent le commerce maritime, et par là même les industries associées comme la production de toiles (Poisson & Le Mat 2000). Dans les campagnes, l'Etat incite à la mise en valeur des landes. Près d'un tiers d'entre elles est transformée en terres labourables. Les céréales et le blé noir constituent les principales cultures. Celle de la pomme de terre se généralise. L'élevage est encore très présent. Une enquête de 1840 dénombrait plus de 1 million de moutons, 1 380 000 bovins et près de 380 milles porcs.

L'histoire locale est marquée par le développement de l'activité des Forges peu avant leur fermeture définitive en 1884.

3. Le contexte paléométallurgique

3.1 La chaîne opératoire et son évolution

La chaîne opératoire sidérurgique correspond à une succession de transformations de la matière, initialement le minerai, pour obtenir des objets métalliques fonctionnels. Elle se compose de cinq étapes principales : l'extraction du minerai ; sa préparation ou traitements minéralurgiques ; sa réduction ou extraction métallurgique, l'épuration et enfin le travail de forge, qui correspond à la mise en forme du fer (Figure 14).

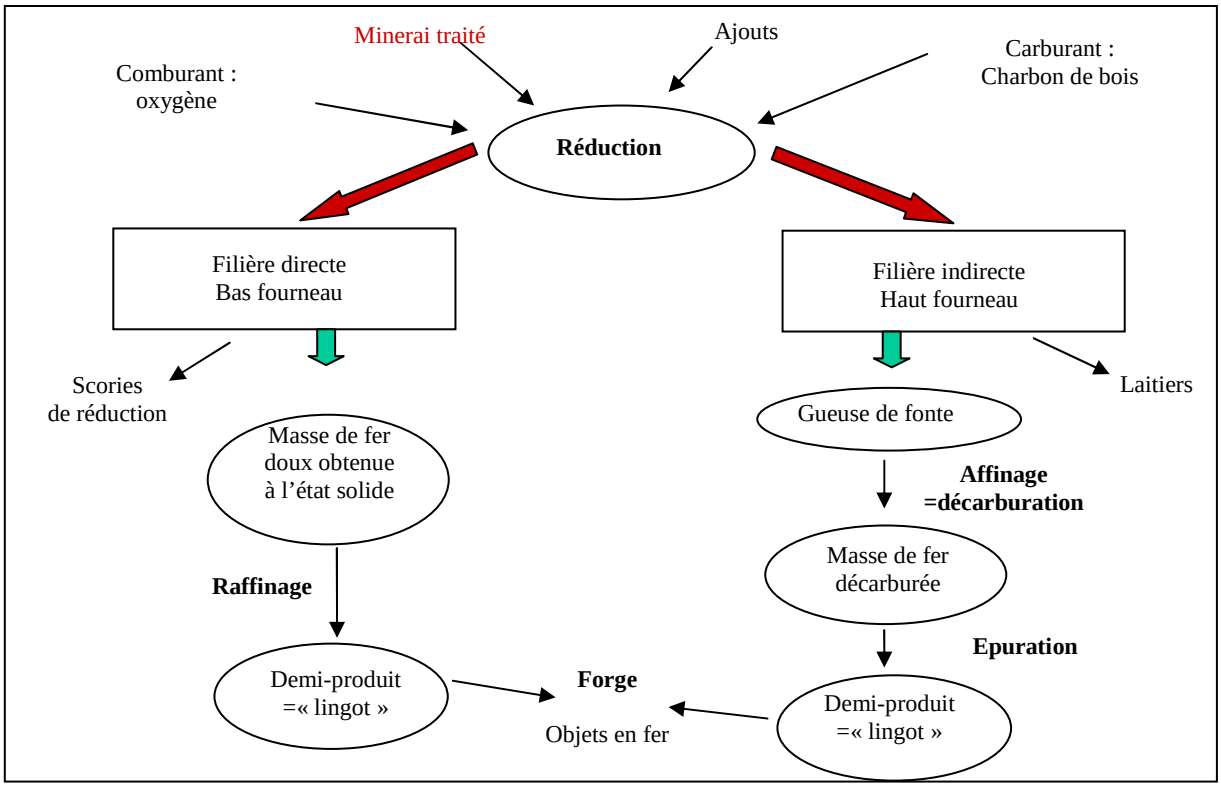


Figure 14 : Schéma de la chaîne opératoire sidérurgique (Le Carlier 2011)

3.1.1 La pré-réduction

Sous ce vocable sont regroupés l'acquisition du minerai et son traitement préalable à l'opération de réduction.

La récolte du minerai de fer peut souvent être relativement simple. De nombreux gisements ferrifères correspondent à des formations superficielles de roches tendres. Il suffit

alors de ramasser des blocs de minerai dans les champs ou les rivières. Cette technique, bien que simple, peut permettre l'acquisition rapide d'une grande quantité sur les gisements riches. Ceci a permis sa perduration au moins jusqu'au XVIIIème siècle, période à laquelle elle est illustrée dans l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert (Diderot 1757).

Lorsque le minerai affleure ou se situe à une faible profondeur, de simples excavations à ciel ouvert ont pu suffire à son acquisition. Ces minières peuvent adopter des formes très diverses mais leur concentration marquent généralement le paysage qu'elle rend très irrégulier, voire chaotique.

Enfin, lorsque les minerais se situent plus en profondeur, leur obtention nécessite le creusement de système de puits d'où s'étendent des réseaux de galeries. En fonction de la nature du substrat dans lequel ils sont creusés et de leurs dimensions, des adaptations techniques ont pu se produire : évolution des techniques d'abattage, soutènement des galeries, ventilation, drainage, etc.

Avant d'enfourner le minerai, il est généralement nécessaire de lui appliquer plusieurs traitements qui visent, le plus souvent, à améliorer le rendement de la réduction. La première étape de cette démarche consiste à trier le minerai, sur le lieu d'extraction, pour écarter les éléments jugés les moins riches ou aptes à fournir du fer de bonne qualité. Ensuite, si le minerai est entouré d'une gangue argileuse ou sableuse, il peut être lavé afin d'écarter l'ensemble de ces particules stériles qui enserre le minerai. Puis, des traitements thermiques peu élaborés, dits « grillages », peuvent lui être appliqués. Il s'agit simplement de mettre les blocs de minerai dans un foyer ouvert. L'atmosphère oxydante combinée à une température de quelques centaines de degrés (500-600°C) permet d'évacuer partiellement soufre, dioxyde de carbone et eau du minerai. A la place, le minerai se combine avec l'oxygène de l'air pour former des oxydes de fer plus facilement réductibles que les hydroxydes initialement présents. Cette étape permet aussi d'accroître la friabilité du minerai. Ceci facilite l'étape ultérieure appelée concassage. Cette dernière opération permet de réduire la taille des blocs de minerai et donc d'augmenter la surface d'échange lors de la réduction.

3.1.2 La réduction

Il s'agit de l'étape de la chaîne opératoire pendant laquelle le minerai est transformé en fer. Deux procédés, ou filières, se sont succédés dans le temps et permettent de la réaliser. Le

premier, appelé direct, s'est développé en Europe dès le premier âge du Fer et s'est maintenu jusqu'à la fin du Moyen Âge. Le second, dit indirect, semble être apparu au XIIème siècle dans le nord de l'Europe, mais ne s'est généralisé que quatre siècles plus tard (Mangin 2004).

3.1.2.1 Le procédé direct

Dans le cadre de cette filière, le foyer utilisé est qualifié de bas-fourneau. Après avoir préchauffé le four, celui-ci est rempli de charbon de bois. Puis, une alternance de couche de minerai et de charbon est introduite par le sommet du four au fur et à mesure de la descente de la charge dans la cuve (Figure 15). Au cours de cette migration, une partie des oxydes de fer du minerai perd des atomes d'oxygène et se transforme en fer métallique. Lorsque le minerai atteint une température supérieure à 1200°C, la gangue fond et fusionne avec les autres oxydes du minerai. La scorie se forme marquant la fin du processus réductionnel. Les particules de fer formées à ce moment là s'agglutinent au niveau des arrivées d'air (tuyères) et forment une masse métallique (la loupe).

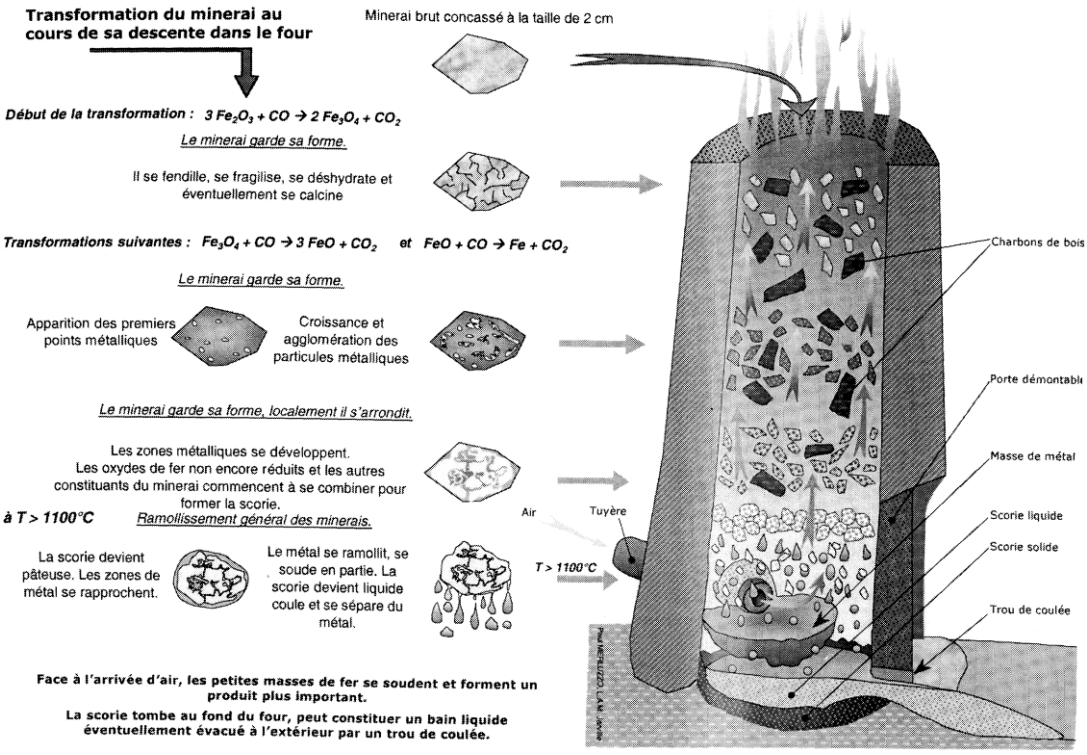


Figure 15 : Coupe schématique du fonctionnement de bas-fourneau (Leroy & Merluzzo in Mangin 2004)

En fonction de la technologie utilisée, la scorie formée au cours de la réduction peut soit être emprisonnée dans une fosse située à la base du four, soit s'écouler en dehors de celui-ci par une porte située à la base de la cuve. Le premier cas correspond aux procédés protohistoriques et forme des scories dites piégées. Le second apparaît au début de notre ère. Il donne naissance à des scories dites écoulées, dont le faciès peut varier. On parlera alors de scories en plaquette, en cordons successifs ou encore spongieuses (Vivet 2007b).

3.1.2.2 La méthode indirecte

Avec ce procédé, le fer est produit dans un haut-fourneau qui peut fonctionner en continu pendant plusieurs mois (Figure 16). Les charges de minerai et combustible (charbon de bois ou coke) sont introduites par le sommet du four. Comme dans un bas-fourneau, les oxydes de fer perdent leur oxygène et se transforment peu à peu en fer métallique dans le haut du four. Puis, à cause de la plus haute température atteinte (plus de 1535°C) et des ajouts éventuels, chaux (castine) ou silice (erbue), la séparation en phase solide est plus importante. De plus, les températures plus élevées entraînent le passage à l'état liquide du fer, sa séparation d'avec la scorie (laitier) à l'état liquide et sa très forte carburation. Le produit obtenu est alors appelé fonte.

Figure 16 : Haut-fourneau des Forges de Paimpont

3.1.3 La post-réduction

3.1.3.1 La préparation du métal

En filière directe

Suite à l'obtention de la masse de métal, il est nécessaire de la travailler pour la rendre propre à la réalisation du travail de forge. Dans le cas de la filière directe (avec bas-fourneau), la loupe récoltée en fin d'opération contient des inclusions de scories et charbons ainsi qu'un nombre variable de vacuoles. Il est nécessaire de la raffiner, ou épurer, pour la compacter et extraire le maximum d'impuretés présentes. Cette étape correspond à un martelage de la loupe, à chaud, sur une enclume. Elle peut avoir lieu soit directement à la sortie du four, soit dans un foyer spécifique.

En filière indirecte

La fonte obtenue dans un haut-fourneau est un matériau impropre à la forge, rendu cassant par sa forte teneur en carbone. Il est donc nécessaire de la décarburer avant de pouvoir la forger. Cette étape est appelée affinage. Les méthodes pour sa réalisation ont évolué depuis les premiers hauts-fourneaux. Au début, un simple passage de la masse de fonte (la gueuse) dans un foyer semble avoir été pratiqué. Puis, des fours fermés dont le plafond renvoie la chaleur ont été mis au point. Ce sont les fours à réverbères. Enfin, plus récemment, ils ont été remplacés par les fours à « puddler ». Il s'agit de fours dans lesquels la masse métallique n'est plus en contact avec le combustible.

3.1.3.2 La forge

Il s'agit de la dernière étape de la chaîne opératoire. Elle consiste en la mise en forme de l'objet par le forgeron à partir d'un lingot, d'une ébauche d'objet ou d'un lopin (masse de fer issu du recyclage de plusieurs fragments).

La chauffe du métal a lieu dans un foyer ouvert alimenté en air par une ventilation le plus souvent latérale. La masse de fer est ensuite travaillée sur une enclume en pierre, pour les périodes anciennes, ou plus récemment en métal. Au contact de l'air, le métal chaud a

tendance à s'oxyder en surface. Cette croûte superficielle se fragmente sous les coups de marteaux et sont éjectées dans l'atelier. Ce sont les battitures.

3.2 La paléométallurgie sur le massif de Paimpont

Les premières recherches évoquant la métallurgie paimpontaise sont celles de l'historien M. Denis dans les années 1950. Au cours de ses travaux sur les forêts bretonnes, il publie, en 1957, l'article « *Grandeur et décadence d'une forêt. Paimpont du XVIe au XIXe siècles* » dans les Annales de Bretagne (Denis 1957). Dans cette publication, son discours s'oriente essentiellement sur l'évolution forestière, mais elle ne peut être séparée de l'histoire des Forges, le plus grand consommateur de bois. Mais ces travaux ne feront pas écho pendant les vingt-cinq années suivantes. En effet, ce n'est qu'en 1982 que B. Magne a réalisé un mémoire de maîtrise dont la problématique principale était de restituer l'histoire des Forges de Paimpont (Magne 1982). Ce travail s'inscrivait dans un PIREN (Programme Interdisciplinaire de Recherche en Environnement) sur le territoire de Paimpont conduit par la Station Biologique de Paimpont. Cinq ans plus tard, toujours dans ce contexte de recherche, L. Roux (1987) poursuivait ces travaux dans le cadre d'un mémoire de maîtrise intitulé « *Les Forges de Paimpont : monographie d'un établissement métallurgique rural en Bretagne au XVIII et XIX siècles* ». Mais pour les périodes plus anciennes, les données historiques restaient très lacunaires et seuls les travaux de doctorat de C. Herbaut apportaient quelque éclairage sur la présence de forgerons dans le secteur au Moyen Âge (Herbaut 2009). Forts de ces connaissances, les membres de l'association des « *Amis du Moulin du Châtenay* », qui travaillaient sur les mégalithes de Brocéliande avec J. Briard, entamèrent des prospections à la recherche de ces vestiges antérieurs à l'activité des Forges. Leur recherche fut rapidement fructueuse dénombrant quelques dizaines de sites à scories.

La recherche sur cette sidérurgie plus ancienne aurait pu s'arrêter là sans la découverte, pendant l'hiver 1988-1989, d'un arc de cercle en argile cuite sortant à peine du sol au fond de l'étang du Perray, alors asséché pour travaux. Cette découverte donna lieu quelques mois plus tard à une campagne de fouilles qui permit la mise au jour d'un bas-fourneau à scorie piégée très bien conservé (Figure 17 ; Andrieux et al. 1993). Les travaux de prospections se poursuivirent. Ils conduisirent à la fouille d'un atelier à Couédouan en 1991-1992 (Larcher 1991, 1992), puis en 1994 à la réalisation d'un mémoire de maîtrise par P. Guérisse sous la direction de J.-Y. Andrieux (Guérisse 1994).

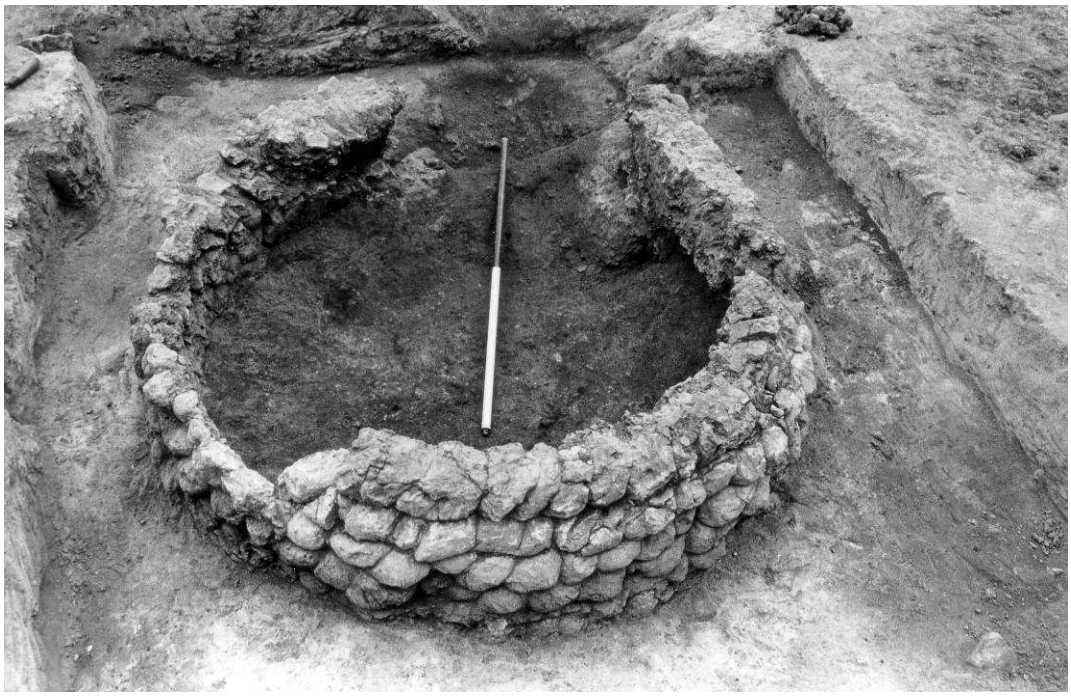


Figure 17 : Bas-fourneau de l'étang du Perray (Andrieux et al. 1993)

Après ce pic d'intérêt, la dynamique de recherche a connu un ralentissement et jusqu'en 2002 seuls les travaux de maîtrise de J.-F. Duval menés sur les défrichements médiévaux ont été réalisés (Duval 1998).

Le renouveau de la recherche sur la métallurgie à Paimpont s'est amorcé à partir de 2001, lorsque J.-B. Vivet, dont les travaux portaient jusque là sur la métallurgie dans l'estuaire de la Rance, s'est intéressé au massif de Paimpont. En 2002, il réalise les premiers sondages sur l'atelier de Trécélien (Paimpont) qu'il poursuit au cours d'une fouille l'année suivante (Vivet 2003, 2002). Entre 2004 et 2005, son attention se porte sur le site médiéval du Vert Pignon III (Paimpont), tandis que N. Girault réalise l'étude des scories de Trécélien dans le cadre de son D.E.A à l'université de Paris I (Girault 2005 ; Vivet 2005, 2004). L'année suivante, en 2006, J.-B. Vivet entame une série de campagnes de fouilles sur le site du Bois Jacob (Paimpont). Il y découvre ce qui se révélera être un atelier d'extraction minière et de réduction datant du Premier âge du Fer (Vivet 2006, 2007, 2008). En parallèle, J.-C. Oillic réalise un mémoire de Master 2 sur l'évolution de l'environnement en lien avec la métallurgie (Oillic 2007). La dynamique de recherche continue de se développer, et en 2008 et 2010, N. Girault sonde l'atelier de Péronnette (Paimpont). Dans le même temps, la reprise des prospections permet d'inventorier de nombreux ateliers, dont certain font l'objet de sondage afin de sauver la données archéologique après les travaux forestiers (Vivet 2006 à 2010).

4. L’implantation du légendaire

Comme nous l'avons indiqué précédemment en introduction, la forêt de Paimpont est associée à la forêt de Brocéliande, décor légendaire où se déroule la geste du Roi Arthur et des chevaliers de la Table Ronde. Annuellement, plusieurs dizaines de milliers de voyageurs viennent visiter ce territoire dans l'espoir d'y croiser elfes, fées, chevaliers ou autres créatures de légendes. Aussi, il nous est apparu difficile de raconter l'histoire du massif de Paimpont, sans évoquer cette forêt mythique dans notre travail, mais également la fontaine de Barenton qui y est associée de façon récurrente.

Toutefois, nous laisserons ici Lancelot, Guenièvre et Arthur à leurs amours et nous nous intéresserons bien plus aux différentes étapes qui ont permis à ce légendaire de s'implanter dans le secteur de Paimpont en nous appuyant sur les travaux de M. Calvez (2002).

C'est vers 1155, sous la plume du poète anglais Robert Wace, que le légendaire semble associer à la forêt pour la première fois. Il la décrit au cours des quatre vers suivants :

« *e cil devers Brecheliant*

donc Breton vont sovent fablant

une forest mult longue e lee

qui en Bretaigne est mult loee »

Dans ce même texte, il mentionne également une fontaine qui jaillit d'un perron ayant le pouvoir de faire venir la pluie lorsque l'on y verse de l'eau (Holden 1970).

Une vingtaine d'année plus tard, vers 1176, Chrétien de Troyes placent les aventures d'Yvain, le Chevalier au lion, dans la forêt de Brocéliande. Dans ce récit fantastique, le héros se rend dans la forêt de Brocéliande, pour venger son cousin Calogrenant qui a été défait par un chevalier en armure noire. Pour rencontrer ce chevalier, il faut verser de l'eau d'une fontaine sur le perron voisin. Une tempête se produit alors dévastant tout sur son passage, rappelant ainsi la fontaine de Barenton décrite précédemment par Robert Wace.

Au cours des cinquante années suivantes, la forêt de Brocéliande apparaît chez de nombreux poètes et historiens comme Huon de Mery, Guillaume Le Breton, Girald de Cambrie, Alexandre Neckham ou Robert de Boron, qui est le premier a y placé le personnage

de Merlin.

Au cours des XIV et XVème siècles, on retrouve la mention de Brécilien ou Brécilian dans des actes seigneuriaux (cf. Approche archéologique et historique). C'est en 1467, que le texte le plus complet à son sujet a été rédigé. A cette date, Guy XIV, seigneur de Laval, héritier des Montfort, possède les seigneuries de Gaël, Montfort et Lohéac, sur lesquelles s'étend la forêt. Afin de clarifier les droits des nombreux usagers, il fait rédiger la charte « *des usements et coutumes de la forêt de Brécilien* ». Dans cet écrit, un chapitre est consacré aux merveilles de la forêt. L'une d'entre elles est la fontaine de Bellanton. Comme dans les textes précédents, l'auteur lui attribue la propriété de faire venir la pluie lorsque le seigneur du lieu verse de l'eau sur son perron.

Par la suite, les légendes semblent tomber peu à peu dans l'oubli, seul le nom de forêt de Brécilien perdure et ce n'est qu'à la fin du XVIIIème siècle, que les récits arthuriens réapparaissent sous l'impulsion du Comte de Tressan et de ses deux ouvrages, *Artus de Bretagne* et *Tristan le Léonnais* (Tressan 1822*)*.

En parallèle, de ces œuvres romantiques, le début du XIXème siècle voit l'apparition des mouvements nationalistes qui recherchent les origines celtiques de la France. Pour cela, les mégalithes, alors considérés comme druidiques, vont faire l'objet de toute l'attention au sein des sociétés savantes qui se créent.

Ces deux courants de pensées, le romantisme et le nationalisme, vont se rejoindre derrière le personnage clé de Merlin, qui allie à la fois la légende et le celtisme, via ses fonctions de druide et de précepteur d'Arthur. Il ne restait plus qu'à découvrir sa sépulture pour démontrer de façon irréfutable l'origine du mythe arthurien. C'est ainsi, qu'en 1820, le juge Poignand dans son ouvrage intitulé « *Antiquités historiques et monumentales de Montfort à Corseul* », associe le tombeau de Merlin à une allée couverte située le long de la route qui joint Montfort-sur-Meu à Paimpont. Ses mots sont les suivants : « *Les deux tombeaux de Merlin et de son épouse Viviane […] sont en effet au bord de la forêt sur une montagne à main droite en remontant cette rivière de Mell, laquelle va se perdre dans le lac du Pont des géants, aujourd'hui étant du pont Domiean, où l'on arrive comme Lancelot, par une forêt très épaisse au très beau pavillon qu'habitait la fée Morgain, sœur du roi Arthur.* » (Poignand, 1820).

Cette désignation a ensuite été associée à des rapprochements toponymiques tels que

Brécilien/Brocéliande, Barenton/Bel Anton ou Meu/Mell du nom de la rivière de Montfort qui se retrouve associé au héros Méliadus du poème de la Table Ronde et, dès 1825, la forêt de Brocéliande est associée à la forêt de Paimpont de façon indéniable dans le monde des antiquaires et des notables. La topographie légendaire se surimpose alors peu à peu au monde réel, localisant tour à tour la fontaine de Barenton, le château de Ponthus ou encore le Val sans Retour, qui après avoir été installé dans le secteur de la Marette est transporté à côté de Tréhorenteuc à cause de l'installation d'une usine métallurgique, qui a transformé le paysage en un décor incompatible avec les représentations que s'en font les visiteurs (Fouquet, 1854).

Sur notre zone de travail, trois entités différentes se superposent. Aussi, afin de clarifier notre propos aux yeux du lecteur, nous veillerons à utiliser un intitulé propre pour chacune des forêts mentionnées ci-devant. Ainsi, dans la suite de ces travaux, nous utiliserons le terme de « forêt de Paimpont » pour parler de l’espace actuellement défini comme tel sur les documents cartographiques contemporains. Celui de « forêt de Brécilien » désignera spécifiquement l’espace forestier médiéval documenté par les différentes archives, tandis que nous n’userons de «Brocéliande » que lorsque nous ferons allusion à la forêt de légendes.

Deuxième partie : approche palynologique

1. Introduction

La paléopalynologie, ou plus simplement ici palynologie, est la discipline qui s'intéresse à l'étude des grains de pollen fossiles, c'est-à-dire aux éléments reproductifs mâles des plantes à fleurs qui ont été conservés dans le sédiment. Par extension, elle s'intéresse également aux spores des mousses et fougères qui leur sont contemporaines.

Les objectifs de cette discipline sont multiples. En permettant d'identifier les taxons producteurs de ces pollens, la palynologie donne accès à l'histoire des espèces, aux climats anciens sous lesquels elles se sont développées, aux paysages contemporains des dépôts sédimentaires, au rôle de l'homme dans ces environnements…

En l'appliquant dans le cadre de ces travaux, le but premier est de fournir un cadre environnemental et paysager aux populations pré-, proto- et historiques du massif de Paimpont et de comprendre comment leur présence a influé sur l'histoire des formations végétales. Nous testerons notamment la vision qu'A. de La Borderie avait de la forêt de Paimpont. Il y voyait le plus grand des vestiges de Brocéliande, une mère-forêt qui aurait recouvert tout l'intérieur de la péninsule armoricaine. Selon lui, à leur arrivée, les populations bretonnes originaires d'Outre-manche auraient trouvé en débarquant une « *zone littorale dévastée, anéantie, brûlée, un rivage sans habitants et sans culture ; dans l'intérieur, entre les forêts, la vue courait sur de grands espaces vides, incultes, pleins de lianes et de ronces […] L'habitation humaine en Armorique était un accident, la règle générale la ronce, le buisson, la forêt et son hôte la bête féroce* » (La Borderie 1896). La palynologie, en révélant les végétations à l'origine des pluies polliniques, autorise à porter un nouveau regard sur cette histoire paysagère à partir de données matérielles nouvelles, complémentaires des nombreuses découvertes archéologiques qui attestent d'occupations humaines en centre Bretagne bien avant l'antiquité tardive.

L'évolution des formations paysagères végétales dépend également, et surtout pour les périodes anciennes, des variations du climat. Aussi, pour une meilleure appréhension de l'homme sur le milieu, cette partie se donne également pour objectif de s'intéresser aux climats passés dans l'espoir de mieux discerner les changements liées aux commandes anthropiques de ceux dont l'origine se trouve dans les changements environnementaux.

La méthodologie

1.1 Choix des sites

La forêt de Paimpont possède un grand nombre de zones humides réparties tant en Haute qu'en Basse-Forêt. Elles se trouvent le long des ruisseaux et rivières mais aussi sur les zones de plateaux peu propices aux écoulements d'eau. Toutefois, seul un faible nombre d'entre elles possède une accumulation sédimentaire organique supérieure à quelques centimètres. Dans le cadre de ces travaux, nous avons sélectionné quatre de ces séquences tourbeuses. Afin d'obtenir une vision assez homogène du territoire, nous avons retenu celles qui se situent le long d'un transect est-ouest : le Carrefour du Pas de la Chèvre, Trécélien, Les Noës Blanches et le Gué Mony (Figure 18).

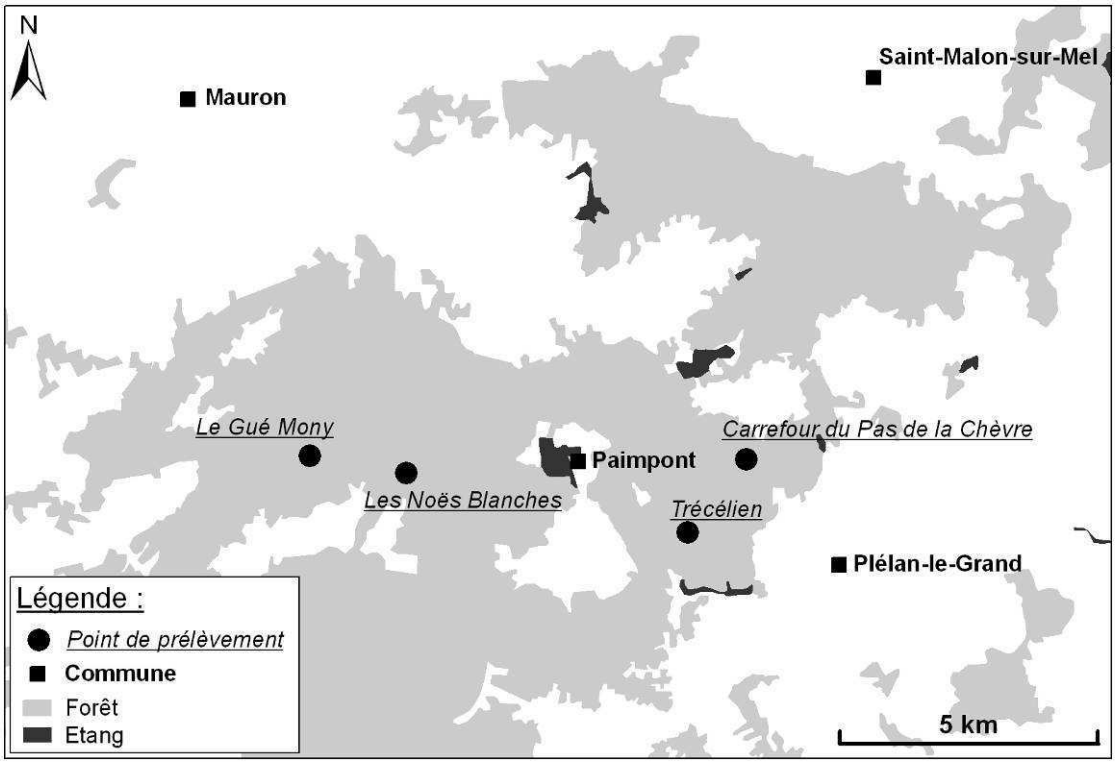


Figure 18 : Carte de localisation des sites de prélèvement palynologique sur le massif de Paimpont

1.2 Les prélèvements

Ils ont été réalisés à l'aide d'un carottier russe de type GIK (Figure 19), soit manuellement, soit de façon mécanisée (Visset & Hauray 1980 ; 1988). Ce carottier permet de prélever des colonnes hémicylindriques de 60 cm de hauteur pour un diamètre de 6 cm sans compaction du sédiment. Il présente à sa base une pointe facilitant sa pénétration, mais elle entraîne une perturbation du sédiment sur une profondeur de 10 cm lors de la fermeture du carottier par rotation. Aussi pour récolter uniquement des niveaux non remaniés, le forage est réalisé en alternance, dans deux puits parallèles proches.

Après un premier relevé stratigraphique de la colonne, celle-ci est placée rapidement à l'intérieur de tubes PVC hermétiquement clos afin d'empêcher toute contamination par la pluie pollinique actuelle.

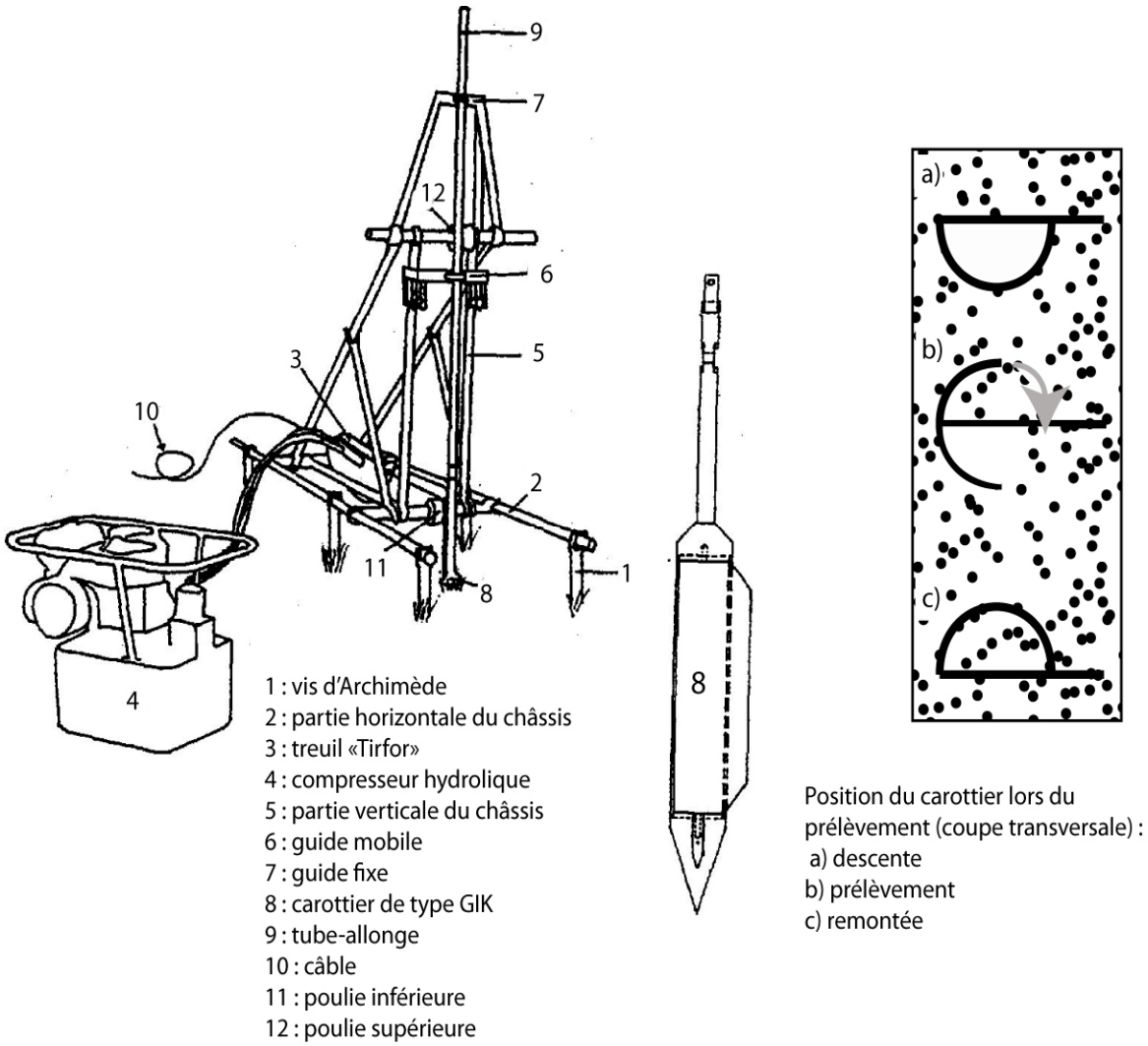


Figure 19 : schéma d'un carottier de type GIK (d'après Visset & Hauray 1980 ; 1988)

1.3 Préparation des échantillons

1.3.1 Échantillonnage

Au laboratoire, une description plus fine de la stratigraphie est réalisée à partir des critères de structure sédimentaire, couleur, texture et taux de dégradation de la matière organique (appréciation de la quantité d'éléments végétaux figurés présents).

L'ensemble de la carotte est ensuite découpé à un pas d'un centimètre d'épaisseur. Les pourtours des tranches obtenues sont précautionneusement ôtés afin d'éviter toute contamination par des pollens de niveaux adjacents qui auraient migrés lors du passage du carottier dans le puits de sondage. Au fur et à mesure du découpage, chaque échantillon obtenu est placé à l'intérieur d'une pochette plastique numérotée et hermétiquement fermée. Ils sont ensuite conservées à l'abri de la lumière et de la chaleur afin d'éviter le développement de micro-organismes pouvant entraîner une détérioration du stock pollinique.

Au cours de cette opération, les macrorestes ligneux rencontrés sont isolés en prévision des différentes datations de la séquence.

Enfin, les échantillons destinés à l'analyse pollinique ont été analysés avec un pas moyen de 5 cm. Les niveaux jouxtant les limites stratigraphiques sont, autant que possible écartés de la sélection afin d'éviter de possibles perturbations dues aux variations de dynamique sédimentaire. Dans un second temps, un maillage plus serré a pu être réalisé localement dans les zones à fortes variations sédimentaires ou présentant de grands changements dans les assemblages polliniques.

Au cours de cette thèse, l'ensemble des opérations d'extraction pollinique a été réalisé par L. Charrieau au laboratoire POLEN de Nantes. Deux protocoles ont été utilisés (Figure 20). Le premier est la méthode à acétolyse décrite par Erdtman (1954), tandis que l'autre est une adaptation du protocole à HCl mise au point par (Delcourt et al. 1959), pour lequel M. Girard et J. Renault-Miskovsky (1969) ont remplacé le traitement acétolytique par un filtre carbonate. Quatre étapes fondamentales restent cependant communes à ces deux méthodes :

- La première est la mise en solution de l'échantillon dans de l'acide chlorhydrique (HCl) à 30% pour dissoudre les carbonates,
- Le traitement des échantillons par une solution de soude (NaOH) à chaud a pour but la destruction de la matière organique,

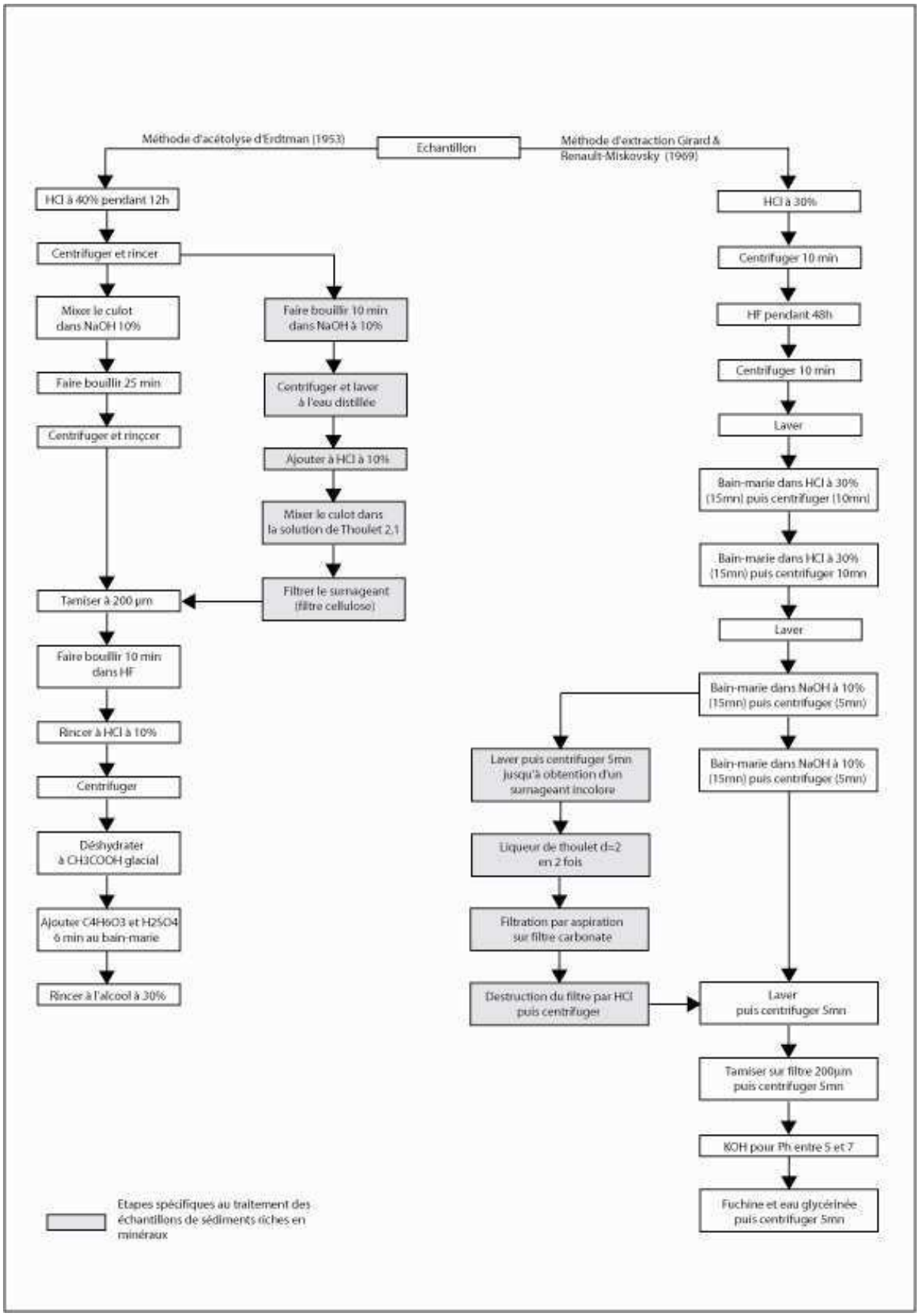


Figure 20 : Protocoles d'extraction pollinique utilisés au cours de la thèse

- Dans les deux méthodes, l'échantillon est soumis à un bain d'acide fluorhydrique (HF). Ce puissant acide permet de dissoudre les éléments siliceux. Son usage à chaud dans le protocole à acétolyse sert uniquement à accélérer le processus,
- La dernière étape commune est le tamisage des échantillons. Il extrait les fibres végétales et les particules minérales supérieures à 200 µm.

Les deux premières séquences étudiées (Trécélien et Les Noës Blanches) ont été traitées suivant la méthode à acétolyse. Toutefois, au cours de nos échanges avec C. Leroyer et de nos recherches bibliographiques, nous avons appris que ce protocole est extrêmement agressif. Il peut corroder, voire détruire, les pollens les plus fragiles (Lézine 1987). Aussi, nous avons décidé d'adopter le second protocole pour les deux autres séquences. De plus, ce traitement ne fossilise pas les grains de pollen. Il permet donc de mettre en évidence de possibles pollens actuels, qui seront les seuls de l'échantillon à présenter un contenu cellulaire. Dans le cas des tourbières situées en milieu ou bas de pente, cette seconde méthode permet de percevoir plus aisément une conservation différentielle au sein de l'échantillon pollinique. Une telle observation révèlerait très probablement un mélange de stocks polliniques d'origine différente. Certains pollens seraient contemporains de la mise en place du dépôt sédimentaire, tandis que les autres résulteraient d'une remobilisation de stocks antérieurs sous l'effet, par exemple, de phénomènes érosifs.

1.4 Détermination et comptage

1.4.1 Généralités

Le culot obtenu à la fin de l'extraction est mis en solution dans la glycérine, selon un rapport de 1 pour 2 à 4 fois son volume. 40 µl du mélange obtenu sont montés entre lame et lamelle. Pour éviter les mouvements de solution, le montage est luté au vernis à ongle.

Le comptage se fait ensuite à l'aide d'un microscope photonique au grossissement x 500 en immersion (parfois x 1000 pour les identifications délicates). La détermination des taxons polliniques se base sur des critères morphologiques tels que la taille, le type et le nombre d'aperture ainsi que l'ornementation de l'exine. Ces observations sont ensuite confrontées aux clés de détermination des ouvrages de référence (Erdtman 1954; Faegri & Iversen 1989; Beug 2004), aux atlas photographiques « Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord » (Reille

1992 ; 1995 ; 1998), et peuvent être comparées aux planches photographiques ou à la collection de référence présentes au laboratoire.

A chaque niveau, un minimum de 500 grains de pollen est compté pour obtenir une bonne représentativité de l'échantillon pollinique. Les spores, souvent très abondantes, sont systématiquement exclues de cette somme. De la même façon, lorsqu'un taxon était très largement majoritaire dans un niveau, 300 grains de pollen ont été identifiés en dehors de ce taxon, toujours pour garantir une bonne fiabilité statistique (Reille 1990). De plus, pour chaque niveau, nous avons poussé le comptage jusqu'à obtenir un minimum de 21 taxons identifiés afin de garantir une bonne représentativité de l'assemblage pollinique (Leroyer 1997).

Ces exigences atteintes, un balayage du reste de la lame à un grossissement de 200 fois a été réalisé pour détecter des taxons rares.

1.4.2 Les problèmes de similitude morphologique

Les critères permettant de différencier les pollens appartenant à deux espèces proches sont souvent inexistants. C'est pourquoi, les pollens de taxons ligneux sont déterminés le plus souvent au niveau du genre, bien que certaines espèces comme le hêtre ou le charme puissent être identifiés spécifiquement. Pour les pollens d'herbacées, il est souvent difficile d'être plus précis que la famille. Nous tenons à préciser ci-dessous les critères que nous avons retenus pour différencier certains taxons.

1.4.2.1 Céréales ou graminées sauvages

Il existe de nombreux travaux cherchant à identifier les Poacées sauvages des espèces cultivées, voire à reconnaître ces dernières entre elles, avec précision (Andersen 1979 ; Beug 2004 ; Chester & Raine 2001 ; Heim 1970). Dans le cadre de cette thèse, nous nous sommes basés sur les travaux de C. Joly (Joly 2006 ; Joly et al. 2007). Ont donc été considérés comme issus de taxons cultivés tous les grains de pollen de Poacées qui présentaient une taille supérieure à 47 µm pour une ouverture du pore aréolé de plus de 11 µm. Dans ce groupe, seuls les pollens de seigle (*Secale*) ont pu être isolés grâce à leur forme allongée et à l'aspect ondulé de leur ornementation (Chester & Raine 2001).

1.4.2.2 Les Rosacées

Dans le cadre de ces travaux, la différenciation entre les Rosacées ligneuses et herbacées s'est majoritairement faite sur le critère de présence/absence d'un opercule au niveau des pores ainsi que sur la présence plus ou moins marquée de stries sur l'ornementation. Ce sont les critères qui séparent les pollens de ces deux catégories dans la clé de détermination établie par Faegri et Iversen (1989).

1.4.2.3 La vigne

La distinction entre un pollen de vigne sauvage et un pollen de vigne cultivée est impossible à réaliser. *Vitis* ayant une très faible production pollinique (E. Gauthier 2000 ; Punt & Clarke 1984), seule une courbe continue et non négligeable de ce taxon peut suggérer la présence d'une activité viticole à proximité du point de sondage, si elle est associée à un cortège abondant de plantes anthropiques.

1.4.2.4 Chanvre et houblon

Le houblon (*Humulus*) est une liane qui se développe naturellement dans les milieux humides, tandis que le chanvre est une espèce importée d'Asie centrale pour ses fibres textiles. Mais, appartenant toutes deux à la famille des *Cannabaceae*, ces plantes produisent des pollens triporés assez semblables. Il semble que seul le critère de la taille puisse les différencier (Leroi-Gourhan 1969).

Ici, ils ont été regroupés sous l'appellation *Cannabis/Humulus*. Comme pour la vigne, seule l'association de cette courbe à des taxons anthropiques permet d'interpréter la présence de ce taxon comme le résultat d'une culture textile du chanvre.

1.5 Représentations graphiques

1.5.1 Les diagrammes polliniques

Ils ont été obtenus à l'aide du logiciel GpalWin créé par C. Goeury au Laboratoire de Botanique et Palynologie de la Faculté Saint-Jérôme de Marseille (Goeury 1997).

Ces diagrammes représentent les variations de fréquences relatives de chacun des taxons identifiés lors de l'analyse de la séquence. Elles sont calculées par rapport à une somme de base qui exclut systématiquement les bryophytes et les ptéridophytes dont la sporulation est aléatoire. Pour mieux visualiser les variations des autres taxons, nous avons également exclu de cette somme l'aulne et le bouleau qui présentaient régulièrement des taux extrêmement importants (jusqu'à 85 % du stock pollinique). Ces taxons locaux peuvent constituer un écran qui réduit considérablement les apports polliniques périphériques (Heim 1970).

1.5.2 Le diagramme pollinique simplifié

Il s'agit d'un diagramme pollinique dans lequel les taxons ont été regroupés en fonction de leurs affinités écologiques, biologiques ou anthropiques d'après les travaux menés par K.E. (Behre 1981) mais également ceux plus récents de C. Brun (2007). Sur ces graphiques, seules les courbes les plus représentatives de l'évolution paysagère sont représentées. Les autres taxons servent au calcul des fréquences mais ne sont pas représentées. Comme pour le diagramme classique, les spores sont exclues de la somme de base.

Anthropiques :

- **Plantes cultivées :** *Cerealia, Secale, Cannabis, Linum, Fagopyrum, Zea mays*
- **Adventices :**

  Messicoles : *Centaurea cyanus, Papaver, Melampyrum*

  Apophytes : *Rumex, Mercurialis annua*
- **Rudérales :** *Plantago, Convolvulus arvensis, Polygonum aviculare, Cuscuta,* Brassicaceae, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, *Artemisia*, Ranunculaceae, *Potentilla, Trifolium,* Solanaceae, Urticaceae, Lamiaceae, *Alchemilla, Valerianelle,* Fabaceae, Asteraceae, Cichorioideae.

Landes : *Ulex, Calluna, Erica,* Campanulaceae, *Asphodelus, Polygala, Gentiana pneumonanthe, Helianthemum.*

Aquatiques strictes : *Myriophyllum, Nymphea, Nuphar, Potamogeton, Lemna, Nymphoïdes, Urticularia, Sagittaria, Hydrocharis, Ranunculus aquatilis, Menyanthes, Callitriche, Hottonia.*

Paludicoles : *Typha, Sparganium, Iris, Ludwigia,* Alismaceae, *Anagallis, Lysimachia, Lythrum, Filipendula, Valeriana, Polygonum persicaria, Rumex hydrolapathum, Hydrocotyle, Equisetum,* Apiaceae, Rubiaceae, *Scrophularia aquatica, Sanguisorba minor, Thalictrum, Epilobium.*

Autres herbacées : Crassulaceae, Dipsacaceae, Scrophulariaceae, *Calystegia,* Rosaceae, *Trifolium, Euphorbia,* Malvaceae, Geraniaceae, Liliaceae, *Centaurea.*

Système forestier : *Quercus, Ulmus, Tilia, Acer, Fagus, Carpinus, Corylus, Fraxinus, Pinus, Abies.*

Espèces buissonnantes : *Hedera, Lonicera, Cornus, Evonymus, Viburnum, Sambucus, Ligustrum, Prunus, Viscum, Rubus, Ilex.*

Arbustes de milieux humides : *Salix, Populus, Rhamnus, Myrica.*

Taxons non regroupés : Poaceae, Cyperaceae, *Betula, Alnus, Castanea, Juglans, Buxus, Vitis.*

Taxons steppiques (Tardiglaciaire) : *Cichorioïdeae, Asteraceae, Statice, Armeria, Filipendula, Lamiaceae* et *Thalictrum.*

1.5.3 Les diagrammes en fréquences absolues

La représentation des données polliniques sous la forme d'un diagramme des fréquences relatives entraîne une interdépendance des données appelée effet *Fagerlind* (Fagerlind 1952) : lorsque l'un des taxons connaît une variation importante, il provoque obligatoirement une réaction inverse sur les fréquences des autres taxons. Afin de contrer ce biais dans l'analyse des données, l'examen des variations de fréquences absolues (en

pollen/g. de sédiment sec) a été réalisé. Pour les calculer, une adaptation de la méthode volumétrique a été utilisée (Cour 1974).

Pour appliquer cette démarche, un certain nombre de mesures est nécessaire afin de connaître la masse de sédiment sec utilisée pour l'extraction, le volume du culot dilué dans la glycérine ainsi que le volume déposé entre lame et lamelle (40 µl). De plus, au cours du comptage, le nombre de lignes parcourues et le grossissement utilisé doivent être notés avec précision. Pour simplifier cette dernière étape, toute ligne commencée est systématiquement lue entièrement afin d'obtenir un nombre entier.

A partir de l'ensemble de ces données, il devient possible de calculer la concentration absolue de chaque taxon dans l'échantillon en deux étapes. Dans un premier temps, il s'agit de déterminer le nombre de grains de pollens du taxon contenu sur la lame, c'est-à-dire dans 40µl, grâce à la formule suivante :

$$n = \frac{\text{Nombre de pollens comptés}}{\text{Nombre de lignes parcourues}} \times \text{nombre de lignes de la lamelle*}$$

* En fonction du grossissement utilisé pour le comptage cette valeur varie. Elle a donc été calculée pour les grossissements 200, 400, 500 et 1000.

Il s'agit ici de déterminer le nombre de grains de pollen contenu sur une ligne avant d'extrapoler la valeur à la lamelle complète. Une fois cette donnée obtenue, il devient possible de connaître le nombre de grains de pollen contenu dans 1g de sédiment. Il suffit d'appliquer cette règle de calcul :

$$N = \frac{n \times V/v}{P}$$

N : Concentration absolue en pollen/g. de sédiment sec.

n : nombre de grains de pollen sur la lame.

v : volume du culot déposé (40µl).

V : volume après dilution du culot dans la glycérine.

P : masse de sédiment sec en gramme.

Ces diagrammes seront tracés uniquement pour la concentration totale et les taxons dominants de chaque séquence, car d'après O. Puertas, ils n'apportent pas de données supplémentaires mais permettent de contrôler la validité du diagramme de fréquences en vérifiant que les variations observées ne correspondent pas uniquement au changement brusque d'un seul taxon (Puertas 1997).

1.5.4 Le diagramme société/végétation

Il s'agit d'un mode de représentation des données polliniques mis au point par D. Barbier dans le cadre de sa thèse sur l'évolution de la végétation du nord-mayennais (Barbier et al. 2001 ; Barbier 1999). Ce mode graphique s'inspire des deux diagrammes précédents. Il se donne pour objectif de faciliter la mise en évidence de l'anthropisation, surtout au cours des périodes récentes de l'Holocène (depuis le Néolithique).

Ce diagramme est une représentation en miroir des fréquences cumulées des différents groupes écologiques, par rapport à un axe central qui figure l'échelle des profondeurs ou du temps. A droite, les pourcentages sont calculés par rapport à la somme totale des pollens comptés, tandis que dans la partie gauche du diagramme, les taxons locaux sont retirés de base (*Alnus, Betula…*).

Dans la partie centrale du diagramme, les espèces cultivées sont représentées. Dans cette étude, apparaissent les céréales et la courbe cumulative des « *autres cultures* », qu'il s'agisse d'herbacées comme *Fagopyrum* ou d'arbres tels que *Castanea* et *Juglans*.

Les deux courbes suivantes représentent respectivement les variations des fréquences de taxons adventifs et rudéraux. Les premières correspondent aux plantes qui poussent en association avec les cultures mais dont la présence n'est pas désirée, tandis que le second groupe contient l'ensemble des espèces qui croissent sur les bords de chemin, dans les décombres ou à proximité des installations humaines.

La courbe suivante correspond aux variations du taux de Poacées. Elle est suivie par celle du couvert forestier qui regroupe entre autres, le chêne, le charme, le hêtre, le tilleul et l'orme. Dans la moitié gauche du diagramme, cette courbe est suivie uniquement par celle des landes, tandis que dans la partie droite la végétation de la zone est également représentée.

1.6 La zonation pollinique

1.6.1 Les zones d'assemblage pollinique

Elles correspondent à des variations de la végétation locale et sont donc spécifiques à chaque site. Il s'agit d'un groupe d'échantillons adjacents dont les limites sont établies par la variation significative, qualitative ou quantitative, d'au moins deux taxons (Cushing 1963 ; Watts 1970 ; Hedberg 1976). Elles sont désignées par des lettres de l'alphabet en minuscules (a, b, c…).

1.6.2 Les phases écologiques

Il s'agit du regroupement de zones d'assemblage pollinique adjacentes présentant une même dynamique des taxons majoritaires. Elles permettent d'appréhender l'évolution des formations végétales majeures et décrivent ainsi le paysage à une échelle plus large. Elles sont identifiées par trois lettres du nom du site en majuscule, suivies d'un chiffre romain (CPC I, CPC II…).

Comme les zones d'assemblage pollinique, ce niveau de découpage est établi indépendamment pour chaque séquence. Il n'a donc aucune utilité pour les sites autres que celui qu'il décrit (Voeltzel 1987).

1.6.3 Les zones régionales

Elles correspondent au résultat de la comparaison des enregistrements issus d'un même secteur géographique (Leroyer 1997).

Si l'on considère que la notion de fossile directeur s'applique à l'assemblage pollinique et non au pollen, des assemblages polliniques semblables, enregistrés dans des dynamiques similaires, peuvent alors être considérés comme contemporains. Les variations paysagères observées dans l'ensemble de ces niveaux révèlent alors une évolution de l'environnement à une échelle plus large que celle du site. Une zone régionale est alors définie. Elle est identifiée par les premières lettres du nom du secteur géographique auxquelles on adjoint un chiffre arabe (ex. Pa 1).

Au sein de ces ensembles, des variations peuvent être observées à des niveaux plus petits. Elles constituent alors une variation micro-régionale qui va être désignée par l'ajout d'une lettre minuscule à l'identifiant de la zone régionale (ex. : Pa 1a)

1.6.4 Les chronozones

Les zones régionales définies ci-dessus constituent des biozones. Si elles sont étayées de datations absolues, elles deviennent alors des chronozones qui peuvent être confrontées avec celles définies par Mangerud pour le Nord de l'Europe (Mangerud et al. 1974). Elles sont au nombre de cinq pour l'Holocène (Figure 21).

Chronozones	Subdivisions	Âges C14
Subatlantique	récent	1000
	moyen	2000
	ancien	2500
Subboréal	récent	3000
	moyen	4000
	ancien	5000
Atlantique	récent	6000
	moyen	7000
	ancien	8000
Boréal	récent	8500
	ancien	9000
Préboréal	récent	9500
	ancien	10 000
Tardiglaciaire		

Figure 21 : Chronozones de l'Holocène établies par Mangerud et al. (1974)

1.6.5 Les périodes chronoculturelles

Il s'agit des différentes périodes archéologiques et/ou historiques. Leurs limites étant basées uniquement sur des données chronologiques, leur mise en correspondance avec les données polliniques peut s'avérer très délicate en raison des variations de la vitesse de dépôt sédimentaire le long de la séquence. Aussi, nous ne les avons fait figurer que sur notre schéma de synthèse, basé sur l'ensemble des datations des quatre séquences polliniques.

1.6.6 Les hiatus

Ils peuvent être définis comme des périodes pour lesquelles il est impossible d'obtenir de l'information. Ils ne sont donc pas à confondre avec les intervalles situés entre deux échantillons analysés et pour lesquelles l'information pollinique existe mais n'a pas été étudiée. Cette absence d'enregistrement s'explique par une absence de sédimentation, la disparition des sédiments ou encore la non-conservation du matériel sporo-pollinique.

Lors de cette étude, des hiatus ont été mis en évidence dans les différentes séquences. Ils se caractérisent par une variation importante de la fréquence d'un ou plusieurs taxons entre deux niveaux successifs. Ils sont représentés sur le graphique par une bande grise sur les diagrammes.

Ils peuvent être associés à un changement de nature du sédiment.

1.7 Les datations radiocarbone

Pour cette étude, une douzaine de datations radiocarbones ont été réalisées : 9 sur des macrorestes ligneux, 2 sur tourbe et 1 sur sédiment organique. Elles peuvent être classées en deux catégories :

- Les datations directes correspondent à des datations radiocarbone réalisées sur un échantillon organique prélevé directement dans la séquence sédimentaire ayant fait l'objet de l'analyse pollinique,
- Les datations indirectes ont été effectuées sur des échantillons ligneux issus de carottages prélevés à proximité immédiates (quelques mètres) de celui analysé en palynologie. Leur utilisation au sein de la séquence étudiée a été possible par synchronisation des colonnes sur la base des assemblages polliniques des niveaux voisins de l'échantillon daté.

Une grande majorité des datations a été réalisée au Centre d'Etudes Nordiques (Université de Laval, Canada) au Québec, en AMS. Deux échantillons ont été traités par le Centre de Datation par le Radiocarbone à Lyon (France).

Les âges radiocarbone sont exprimés en années B.P.. Ils ont ensuite été calibrés à 2σ en années BP à l'aide du logiciel OxCal v4.1 en ligne sur la base de la courbe IntCal09 (Bronk Ramsey 2009).

1.8 L'interprétation paléoécologique

Elle se fonde sur les exigences actuelles des plantes vis-à-vis des conditions environnementales abiotiques, comme la disponibilité en eau, la nature du sol, la température ou la lumière. En se basant sur ces données, il est possible de réunir les taxons identifiés à l'analyse. Les ligneux et herbacées inféodés aux zones humides vont constituer un groupe. Les arbres à caractère héliophile témoignent, du fait de leur besoin de lumière, d'un milieu plutôt ouvert, tandis que d'autres taxons arborescents ou arbustifs ont une préférence pour des milieux moins ensoleillés. Leur présence traduira alors une végétation plus fermée de type forestier.

Toutefois, ces interprétations paléoécologiques sont restreintes par deux limites de l'approche palynologique. La première est la similitude morphologique des pollens. Ainsi, l'identification des taxons ne se fait le plus souvent que jusqu'à la famille chez les herbacées. Pour les arbres, la précision atteint plus fréquemment le genre. Dans tous les cas, la détermination à l'espèce reste assez exceptionnelle. Or, au sein d'un groupe taxonomique comme le genre, et plus encore la famille, les espèces possèdent des exigences écologiques diverses et il n'est alors pas possible de tirer des informations paléoécologiques de leur présence. C'est le cas, par exemple, de la famille des Poacées, dont les nombreuses espèces ont colonisé des milieux très variés, de la prairie à la forêt, des bords d'étang aux plaines arides et de la savane africaine à la steppe sibérienne.

La seconde limite que connaît l'interprétation paléoécologique est la large amplitude que possèdent certaines espèces. Ainsi, le noisetier (*Corylus avellana*) peut être interprété comme représentatif d'un milieu ouvert à cause de son caractère héliophile. Mais sa grande tolérance vis-à-vis des conditions hydriques lui permet de prendre part à la formation d'une végétation plus fermée de type ripisylve où croissent fréquemment chênes, tilleuls et charmes.

2. Présentation des résultats

2.1 Le Carrefour Pas de la Chèvre

2.1.1 Présentation du site et stratigraphie du sondage

Le site du « *Carrefour du Pas de la Chèvre* » (48°01’17’’N - 02°07’35’’W) se situe dans la partie est de la commune de Paimpont, à un kilomètre au sud du village de Trédéal. La tourbière occupe une surface de 2 ha sur la rive gauche du *ruisseau du Pas du Houx*, entre *la ligne de la Gelée à la chaussée des Glyorels* et la confluence avec *le ruisseau des laitiers* (Figure 22). Elle se développe depuis le fond de la vallée jusqu’à mi-hauteur du versant, où sa surface marque un replat dans la topographie.

Le sondage a été réalisé à une trentaine de mètres au sud de *la ligne de la Gelée à la chaussée des Glyorels*, non loin de la zone de rupture de pente. Des tests préalables y avaient révélé la plus grande épaisseur de tourbe. L’ensemble du prélèvement a été effectué à l’aide d’un carottier GIK manuel. Une colonne de 3,35 m de sédiment a été obtenue avant d’atteindre des roches.

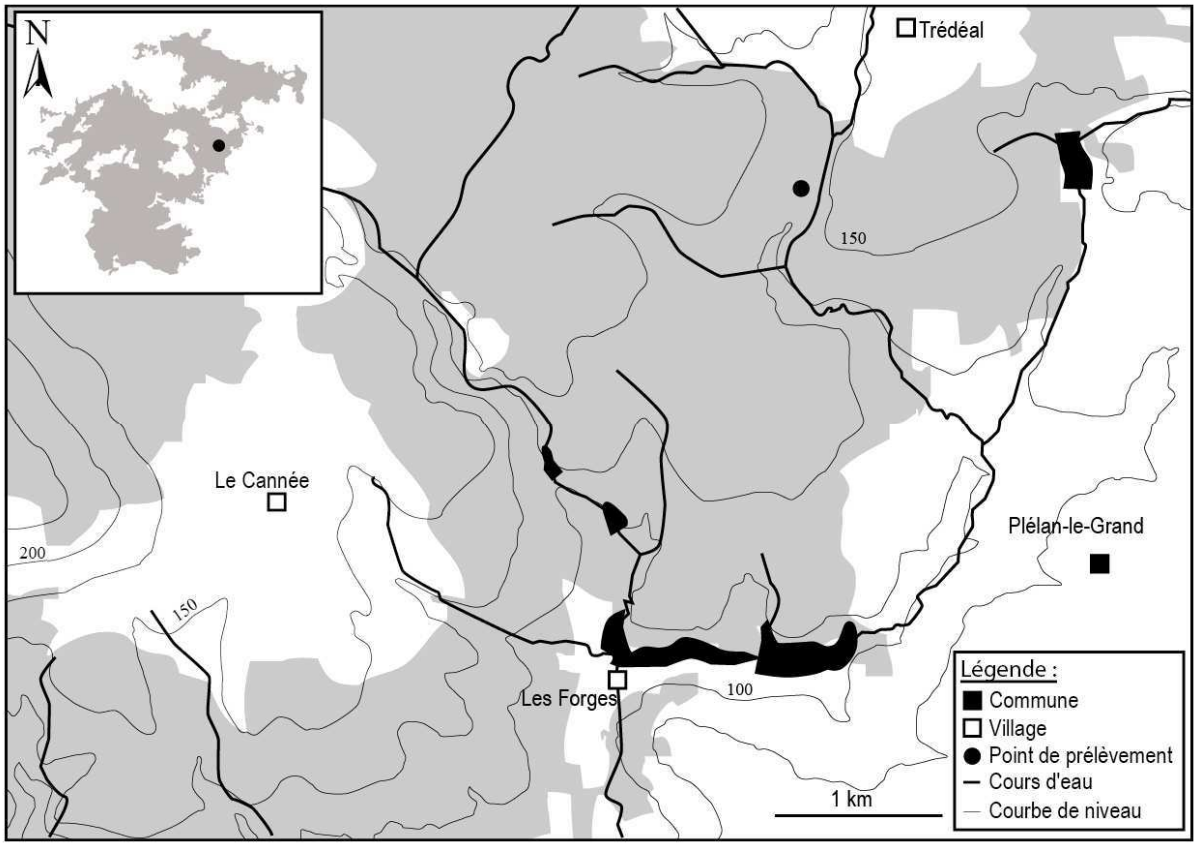


Figure 22 : Carte de localisation du sondage du « *Carrefour du Pas de la Chèvre* »

Lors de l'analyse stratigraphique de la colonne, 18 horizons ont été distingués. Ils se répartissent de la manière suivante (Tableau 1) :

Profondeur (cm)	**Description**
0 - 14	Tourbe marron jaune avec de nombreux éléments végétaux figurés
14 - 30	Tourbe marron foncé légèrement argileuse avec quelques éléments végétaux figurés
30 - 31	Tourbe noire charbonneuse
31 - 38	Tourbe marron foncé légèrement argileuse avec quelques éléments végétaux figurés
38 - 46	Tourbe marron foncé légèrement argileuse avec de nombreux éléments végétaux figurés
46 - 50	Tourbe marron foncé légèrement argileuse avec quelques éléments végétaux figurés
50 - 71	Tourbe marron foncé avec des éléments végétaux figurés
71 - 93	Tourbe marron clair compacte avec quelques éléments végétaux figurés
93 - 106	Tourbe marron foncé compacte, légèrement argileuse et présentant quelques éléments végétaux figurés
106 - 133	Tourbe argileuse marron avec de grands éléments végétaux figurés
133 - 151	Tourbe brune avec de nombreux petits éléments végétaux figurés
151 - 164	Tourbe brune argileuse avec quelques éléments végétaux figurés
164 - 173	Tourbe argileuse marron
173 - 185	Tourbe brune avec de nombreux petits éléments végétaux figurés
185 - 197	Tourbe brune argileuse avec de nombreux petits éléments végétaux figurés
197 - 317	Tourbe brune avec de nombreux petits éléments végétaux figurés
317 - 326	Tourbe argileuse brune et orange (oxyde de fer) avec de nombreux éléments végétaux figurés
326 - 335	Argile tourbeuse gris foncé

Tableau 1 : stratigraphie de la séquence du « *Carrefour du Pas de la Chèvre* »

2.1.2 Les datations radiocarbones

Réf.	Matériel	Type	Profondeur	Âge C14	Date cal. BP (2σ, 95%)
ULA-1642	Bois	Indirecte	37-39 (≈ 34)	105 ± 15	260 - 221 (27,3%) ; **140 - 55 (56,2%)** ; 48 - 25 (11,9%)
ULA-1916	Tourbe	Directe	75-76	3170 ± 15	3444 – 3421 (18,55%) ; **3415 – 3362 (79,6%)**
ULA-1557	Bois	Indirecte	122-124 (≈ 121)	3720 ± 15	4146 - 4117 (15,5%) ; 4096 - 4063 (22,3%) ; **4050 - 3986 (57,6%)**
ULA-1556	Bois	Indirecte	188-190 (≈ 180)	8195 ± 25	**9260 - 9031 (95,4%)**
ULA-1643	Bois	Indirecte	263-265	3915 ± 20	**4422 - 4290 (95,4%)**
ULA-854	Bois	Directe	289	9895 ± 35	11391 - 11374 (3,4%) ; **11364 -11228 (92%)**
ULA-1919	Sédiment	Directe	334-335	10605 ± 30	

Tableau 2 : résultats des datations radiocarbone sur le site du «*Carrefour du Pas de la Chèvre* ». Les profondeurs entre parenthèses correspondent à un repositionnement sur la séquence pollinique sur la base des assemblages. Le résultat sur fond noir a été rejeté

2.1.3 Résultats

Cette étude pollinique repose sur l'analyse de 70 échantillons prélevés dans toutes les unités stratigraphiques. Ils sont espacés de 3 à 11 cm avec un pas moyen de 4,28 cm. Un total de 62191 pollens et spores a été compté et pour chaque échantillon la somme varie entre 380 et 2279 individus. Au cours de cette analyse, 98 types polliniques ont été identifiés et fournissent une diversité variant de 17 à 51 taxons par échantillon.

Les concentrations absolues montrent de grandes variations le long de la séquence. Elles varient de 6 336 à 18 192 911 grains de pollens/g. de sédiment sec (Figure 23). Quatre grandes phases se distinguent dans l'évolution de ces concentrations absolues. Elles ne semblent pas liées aux variations stratigraphiques.

La première phase se situe à la base du diagramme, du niveau 215 au 334. Presque tous les échantillons présentent un faible contenu pollinique avec moins de 250 000 grains de pollen/g. de sédiment sec. Seul le niveau 229 possède une concentration plus forte avec

537 390 grains de pollen. Cette valeur s'explique par un apport accru de la végétation humide locale, avec le développement ponctuel de *Typha angustifolia*.

La deuxième zone présente des concentrations légèrement plus élevées, comprises entre 400 000 et 940 000. Elle couvre les niveaux 210 à 165.

La suivante a les concentrations absolues les plus fortes de la séquence. Elles sont toutes supérieures à 560 000 grains de pollen/g. de sédiments et atteignent même, au maximum, 18 192 911 dans l'échantillon 69 cm. Cette forte production sporopollinique semble le fait de l'ensemble des taxons principaux.

La dernière phase de concentration pollinique correspond aux 8 niveaux sommitaux de la séquence. Les concentrations y sont plus faibles. Leurs valeurs sont comprises entre 165 000 et 3 629 000 grains/g.

2.1.3.1 Les zones d'assemblage pollinique

21 zones d'assemblage pollinique ont été individualisées par la méthode décrite ci-dessus. Elles ont été regroupées en 13 phases écologiques :

- *zone a* (334 – 324 cm)

Elle est caractérisée par un très faible taux de pollens d'arbres (15 % environ). Les Poacées dominent très nettement à près de 50%, suivies des cypéracées (20%). Les armoises tiennent un rôle non négligeable dans la végétation avec une fréquence de 5%. Elles sont accompagnées par un important cortège de taxons steppiques (10%).

Les bouleaux, saules et pins constituent les principales espèces ligneuses avec pour chaque des valeurs proches de 5 %. La présence de quelques *Juniperus*, *Ephedra distachya* et *Ericaceae* est à noter.

- *zone b* (324 – 314 cm)

Elle se distingue de la précédente par un recul du bouleau au profit du saule. Le premier atteint des taux inférieurs au pourcent alors que le second double presque, avoisinant les 10 %. *Juniperus* et *Ephedra distachya* déjà peu présents avant, disparaissent complètement du paysage. La strate herbacée reste très importante (80 % de NAP). Elle connaît toutefois une légère évolution avec un recul prononcé des *Poaceae*, qui passent de 50 à 30 %, au profit des *Cyperaceae* qui augmentent dans les mêmes proportions.

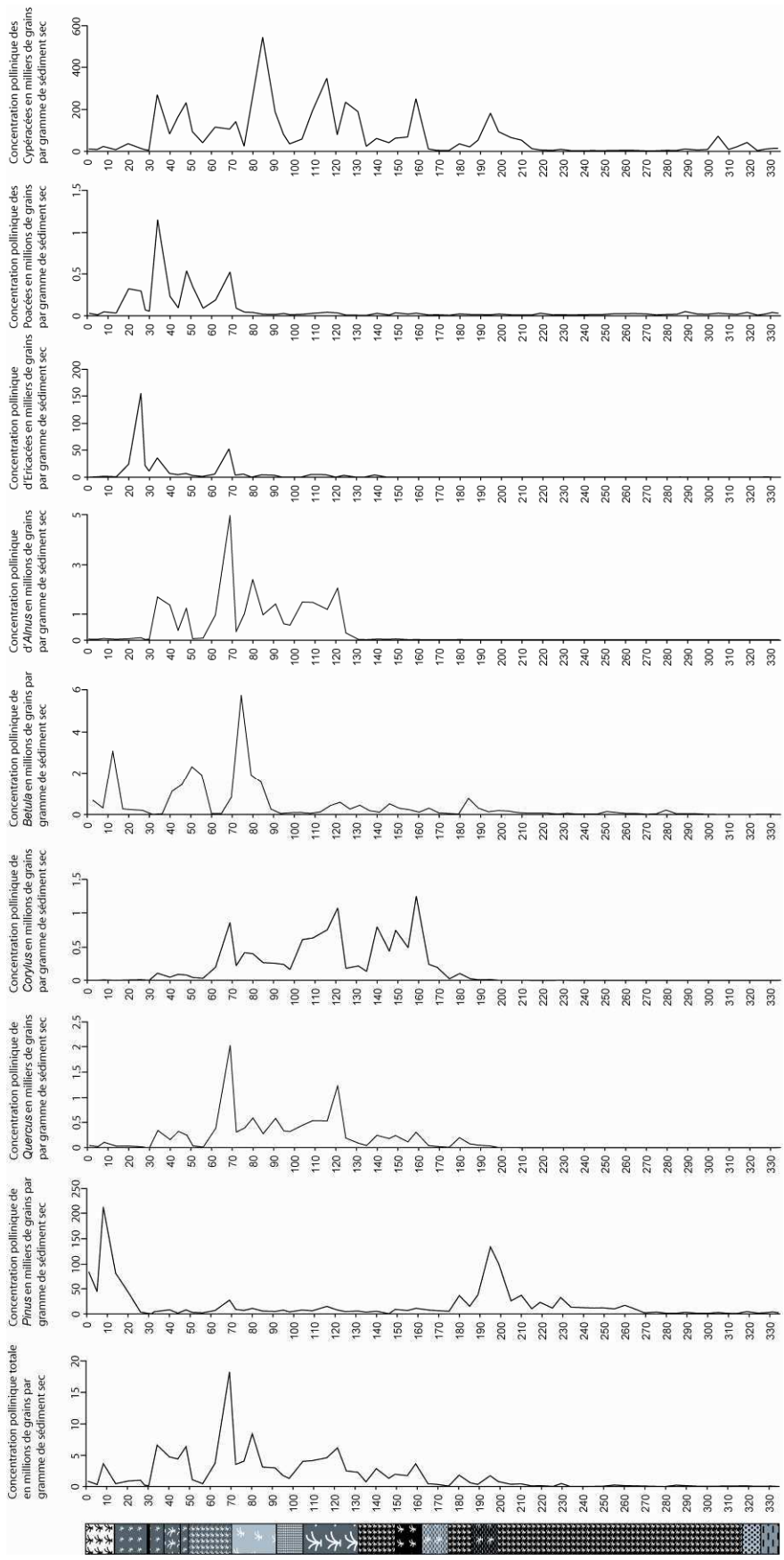
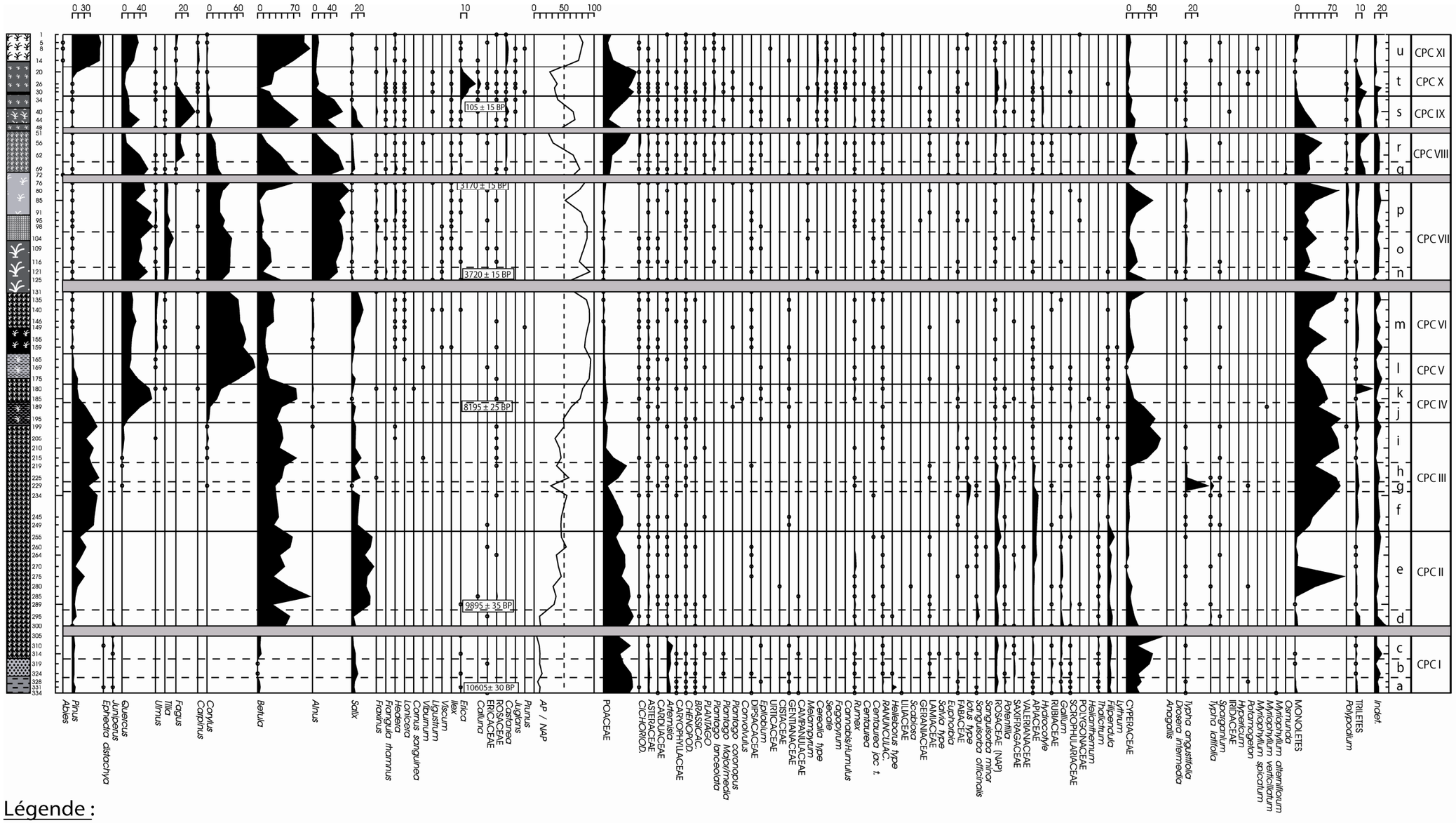


Figure 23 : Courbes de variations des concentrations absolues des principaux taxons du site « *le Carrefour du Pas de la Chèvre* »



Légende :

- Tourbe marron jaune avec de nombreux éléments végétaux figurés
- Tourbe marron foncé légèrement argileuse avec quelques éléments végétaux figurés
- Tourbe noire charbonneuse
- Tourbe marron foncé légèrement argileuse avec nombreux éléments végétaux figurés
- Tourbe marron foncé avec éléments végétaux figurés
- Tourbe marron clair compacte avec quelques éléments végétaux figurés
- Tourbe marron foncé compacte, légèrement argileuse et présentant quelques éléments végétaux figurés
- Tourbe marron argileuse avec de grand éléments végétaux figurés
- Tourbe brune argileuse avec quelques éléments végétaux figurés
- Tourbe argileuse marron
- Tourbe brune argileuse avec de nombreux petits éléments végétaux figurés
- Tourbe brune avec de nombreux petits éléments végétaux figurés
- Tourbe argileuse brune et orange (Oxyde de fer) avec de nombreux éléments végétaux figurés
- Argile tourbeuse gris foncé

Figure 24 : diagramme pollinique du site « *le Carrefour du Pas de la Chèvre* »

- *zone c* (314 – 305 cm)

Les pollens d'arbres restent faibles et présentent même une tendance à la baisse, passant de 10 à 5 %. On assiste toutefois à une réapparition d'*Ephedra distachya* et *Juniperus,* qui atteint ici son maximum avec à peine plus d'1 %. Le bouleau connaît aussi une hausse avec des valeurs entre 5 et 10 %, tandis que le pin reste stable et que le saule diminue sensiblement.

En parallèle, les Cypéracées continuent de se développer malgré un pic de Poacées en milieu de zone. Elles atteignent jusqu'à 60 % du stock pollinique dans le niveau 305 cm. De plus, on note un maintien du cortège des steppiques malgré le recul des armoises dont la fréquence passe de 5 % à moins d'1 % au niveau 305.

- *zone d* (300 – 289 cm)

Bien que les taux de pollens d'herbacées restent très importants (plus de 80 %), cette zone se distingue de la précédente par un net recul des *Cyperaceae* qui passent de 60 à 20 %. Les graminées connaissent un léger regain et remontent à 45 % environ. Alors que le cortège des steppiques reste bien présent à près de10 %, les taux d'armoises demeurent extrêmement faibles, ne dépassant le seuil de 1 % qu'en tout début de zone.

Au sein des espèces arborescentes, on assiste à une véritable explosion de *Betula*. Jusqu'alors cantonné à des valeurs de quelques pourcents seulement, il atteint dès le niveau 300cm des fréquences supérieures à 50 %. Le saule et le bouleau restent peu présents et le genévrier déjà rare, disparaît ici complètement.

- *zone e* (289 – 255 cm)

Cette zone est caractérisée par une nette augmentation des taux de pollens d'arbres (passage de 15 à 50 %), notamment sous l'impulsion du saule qui atteint près de 30 %. *Pinus* connaît une croissance régulière, alors que le bouleau se maintient autour de 30-40 % de façon extrêmement variable.

Chez les herbacées, les *Poaceae* restent relativement stables, fluctuant entre 30 et 40 %. Ce sont les Cypéracées qui connaissent le plus grand recul de cette zone : elles présentent des taux inférieurs à 5 % en fin de période.

- *zone f* (255 – 234 cm)

Dès le début de cette zone, on assiste au déploiement du pin qui devient le taxon majoritaire à plus de 40 % du stock pollinique. Il supplante le saule qui connaît une baisse de ses fréquences d'une vingtaine de pourcents. Le bouleau reste très présent à plus de 30 % tandis que les Ericacées, jusque là assez rares, disparaissent. Les NAP enregistrent une très légère baisse surtout due au recul du cortège steppique puisque les Poacées se maintiennent à plus de 30 %.

- *zone g* (229 cm)

Cette zone se caractérise par une augmentation importante des espèces paludicoles, provoquée surtout par un pic de *Typha angustifolia*, qui passe de moins de 1 % à 30 %. Il entraîne également une nette réduction des fréquences des Poacées, saules et pins. Ce dernier reste toutefois dominant avec un taux de plus de 30 %. C'est au cours de cette zone que *Quercus* et *Corylus* apparaissent.

- *zone h* (225 – 215 cm)

Elle est marquée par un très net retour de *Typha angustifolia* à des valeurs plus faibles, de l'ordre de 1 %. Les Poacées, qui affichaient un recul depuis la moitié de la phase *f*, augmentent à nouveau autour de 35 %. La strate arborée connaît un retour de *Pinus* et *Salix* à leur valeur de fin de zone *f*, soit respectivement 40 et 10 %. On assiste enfin, à une installation plus pérenne des taxons mésophiles, dont la présence est désormais continue.

- *zone i* (215 – 199 cm)

Elle voit l'installation durable du chêne caducifolié et du noisetier. Ces deux taxons apparus dans la zones précédentes connaissent une stabilisation : de sporadiques, ils deviennent présents en continu avec des fréquences qui restent faibles (moins de 2 %). Le pin et le bouleau demeurent les composantes essentielles de la strate arborescente, avec des taux de l'ordre de 40 %. Ils sont suivis par le saule qui se maintient aux alentours de 10 %.

Au niveau des NAP, on assiste à une certaine stabilité entre 50 et 60 % malgré une forte chute des *Poaceae*, dont la proportion passe très rapidement de 40 à 10 % en début de zone. Cette variation est compensée par un brusque essor des *Cyperaceae*, qui dans le même temps, passent, à l'inverse, de 10 à 40-50 %.

- *zone j* (195 – 189 cm)

L'évènement le plus notable de cette zone est l'expansion de *Quercus* dont la fréquence atteint près de 50 % en fin de zone. Il coïncide avec le développement plus léger du noisetier et un net recul de *Pinus*, dont le taux est divisé par deux.

Elle est également marquée par une baisse graduelle des NAP, due au déclin des *Cyperaceae*. Leur taux diminue de 40 à 20 %. Les armoises qui se faisaient de plus en plus rares depuis la zone *e* disparaissent ici complètement, tandis que les *Poaceae* se maintiennent autour de 5 %.

- *zone k* (185 – 180 cm)

On assiste ici à une augmentation du bouleau qui double sa présence. Le chêne stoppe sa croissance et se stabilise autour de 45 %, tandis que la représentation pollinique du pin ne décroît plus et stagne à 10 %. On note également le début de l'essor du noisetier qui atteint 30 % en fin de zone. Cette dynamique d'augmentation chez les taxons ligneux provoque une réduction des NAP. Elle correspond essentiellement à une baisse des Cypéracées qui ont une fréquence de moins de 10 % en fin de zone. Les Poacées restent stables et faibles, entre 2 et 5 %.

- *zone l* (175 – 165 cm)

Elle correspond au maximum du noisetier, qui atteint des valeurs de l'ordre de 75 à 80 %. *Ulmus*, quasi absent jusqu'à présent, s'installe en continu mais à de faibles fréquences. En revanche, le chêne connaît une forte baisse passant de 50 à 15 %. De la même façon, le bouleau et le pin décroissent avec des taux chutant respectivement de 60 à 20 % et de 10 à 2 %.

Les *herbacées* finissent leur baisse en se stabilisant à un peu moins de 10 %. Elles se composent essentiellement de rares Poacées et Cypéracées (moins de 2 % chacun dans le diagramme).

- *zone m* (159 – 131 cm)

Au cours de cette zone, l'apparition en courbe continue de l'aulne se produit. En effet, présent de façon irrégulière depuis 4 zones, il présente ici une courbe à plus de 1 % sur la quasi-totalité de la période. L'orme connaît également une hausse, passant à des valeurs comprises entre 1 et 3 %. Le tilleul tend également à s'installer, comme l'indique sa présence

dans plus de la moitié des niveaux. Le saule et le bouleau se développent aussi avec des valeurs doublant en seconde partie de zone.

- *zone n* (125 – 121 cm)

Composée uniquement des niveaux 121 et 125 cm, elle se caractérise par une forte augmentation du taux de pollen d'aulne qui atteint 40 % du spectre pollinique. Elle est associée à un développement de *Tilia* de 0,3 à 5 %, ainsi que du chêne de 15 à 30 %. Le noisetier se stabilise autour de 40 %, alors que le bouleau et le saule diminuent fortement.

Les Poacées restent très peu présentes dans le paysage. Seuls les Cypéracées, sujettes à une forte hausse en fin de zone précédente, connaissent une évolution quantitative notable. Elles décroissent pour revenir à des valeurs comprises entre 5 et 10 %. C'est au cours de cette zone que les taxons cultivés font leur première apparition dans le diagramme sous la forme d'un pollen de céréale au niveau 121 cm.

- *zone o* (116 – 104 cm)

Elle présente un taux légèrement croissant de tilleul jusqu'à 10 % environ, alors que la courbe de l'orme se fait irrégulière avec des pourcentages n'excédant pas 1 %. Le noisetier se maintient à 40 % devant le chêne dont les valeurs oscillent autour de 20 %.

Les *Cyperaceae* marquent un léger essor au cours de la zone, ce qui provoque une hausse des *NAP*. Les autres taxons herbacés ne présentent que peu de variations.

- *zone p* (98 – 76 cm)

Son début correspond au croisement des courbes du chêne et du noisetier. Alors que *Quercus* connaît une légère augmentation pour dépasser les 40 %, *Corylus* décroît jusqu'à une vingtaine de pourcents. Avec des fréquences de l'ordre de 5 %, le tilleul reste une composante importante du paysage.

Les Cypéracées connaissent un nouveau pic au cours de cette zone. Elles atteignent 40 % au niveau 85 cm, ce qui engendre une hausse des NAP à hauteur de 50 %. Cette zone est également marquée par un léger développement du cortège des rudérales.

- *zone q* (72 – 69 cm)

Elle se caractérise par l'apparition du hêtre (*Fagus*), qui bien qu'en faible proportion est visible en continu. Les AP présentent des valeurs élevées (plus de 60 %), qui s'expliquent

par les fortes valeurs de plusieurs arbres, dont le chêne et l'aulne. Leurs fréquences ne descendent pas en-deçà de 30 %. *Betula* présente même des taux supérieurs à 80 %. Le tilleul connaît quant à lui une baisse de fréquence, passant de 5 à moins de 1 %.

Chez les herbacées, on peut noter la réapparition des céréales. Elle s'accompagne d'une lente augmentation des Poacées et une installation stable des plantains. Les Cypéracées, après un léger pic à 15 % en début de zone, redescendent à 5 %.

- *zone r* (62 – 51 cm)

Elle débute avec le développement de *Fagus*. Présent de façon sporadique jusqu'alors, il affiche ici un taux bien plus important dépassant par endroit 10 %. Une grande proportion des taxons ligneux connaît en parallèle une baisse de fréquence. Ainsi, l'aulne et le bouleau ont des taux divisés par un coefficient de 5 au cours de la zone, tout comme le chêne. Le noisetier poursuit sa lente décroissance entamée depuis la zone *m*.

Cette dynamique permet le développement des taxons herbacés, ce qui se traduit par une hausse des NAP, sous l'impulsion des *Poaceae*, dont les teneurs varient de 10 à 45 %. Le seigle apparaît pendant cette phase, conjointement à une hausse et une diversification des taxons rudéraux et adventices.

- *zone s* (48 – 34 cm)

Il s'y produit une forte augmentation des taxons ligneux : le bouleau, le saule et le chêne présentent un pic en début de zone, atteignant respectivement les valeurs de 60, 20 et 25 %. L'aulne présente aussi une phase d'expansion jusqu'à 40 % tout comme le hêtre qui atteint son maximum de la séquence avec une fréquence proche de 30 % au niveau 40 cm. Le noyer (*Juglans sp.)* fait son apparition dans la séquence.

Il résulte de ces variations, une baisse des NAP, visible surtout chez les Poacées et les Cypéracées dont les valeurs sont divisées par trois. Les plantains, tout comme les céréales, marquent un léger recul en milieu de zone, présentant alors des valeurs de moins de 1 %. En fin de zone le blé noir (*Fagopyrum sp.)* apparaît.

- *zone t* (30 – 20 cm)

Elle se caractérise par un taux de NAP relativement élevé, entre 60 et 70 %. Ceci est dû majoritairement à l'augmentation des Poacées qui voient leur taux presque quintupler. Le plantain, à son maximum de la séquence en début de zone, connaît en revanche une lente décroissance pour atteindre un niveau inférieur à 1 %.

De nombreuses espèces arborescentes et arbustives diminuent également. Notons notamment l'aulne et le hêtre qui passent respectivement de 40 à 10 % et de 25 à 1 %, ou encore le noisetier, en décroissance depuis la zone *m*, qui disparaît presque du diagramme avec, ici, une valeur de moins de 1 %. Toutefois, une famille de petits ligneux connaît une hausse importante : les Ericacées. Leur fréquence marque un pic au cours de cette zone, passant de moins de 1 % à plus de 30 % avant de décroître jusqu'à leur valeur initiale.

- *zone u* (14 – 0 cm)

Au cours de cette phase, il se produit un nouveau recul des NAP qui passent de 80 à 30 %. Il est surtout la conséquence d'une baisse de 30 % des *Poaceae* qui atteignent désormais un peu moins de 10 %. Les Rosacées herbacées connaissent également une période de recul avec des taux passant sous la barre du pourcent. *Fagopyrum esculentum* disparaît au cours de cette phase.

On notera également une reprise des taxons ligneux principalement liée à *Pinus* et *Betula* dont les taux sont multipliés par cinq. Elle concerne également *Quercus* et dans une bien moindre mesure *Carpinus* et *Castanea.* A contrario, les *Ericaceae* voient leur présence baissée très fortement, puisqu'elles ne dépassent que difficilement 1 %, tout comme le noisetier qui se stabilise au même niveau.

2.1.3.2 Les phases écologiques

Les 21 zones d'assemblage pollinique ci-dessus peuvent être regroupées en 11 phases écologiques qui décrivent les grandes évolutions du paysage régional.

La phase CPC I regroupe les trois premières zones *a*, *b* et *c*. Le paysage est alors très ouvert avec un taux d'AP avoisinant les 10 %. Les *Poaceae* dominent. Elles sont accompagnées d'un abondant groupe de steppiques. De rares pins, saules et bouleaux parsèment le paysage.

La phase CPC II correspond au regroupement des ZaP *d* et *e*. Elle présente un paysage dominé par le bouleau et les graminées. Le saule, d'abord rare, connaît une rapide croissance. Il devient alors un élément important devant le pin, pourtant aussi en phase ascendante.

Les zones *f* à *i* forment CPC III. Au cours de cette phase, les bouleaux et le pin sont les ligneux majoritaires devant le saule qui décroît fortement en début de phase. Les premiers

ligneux mésophiles apparaissent de façon sporadique avant de s'installer sous forme de courbe continue en seconde partie de phase. Les taxons steppiques disparaissent.

La zone CPC IV regroupe les zones *j* et *k*. Elle s'individualise par un essor du chêne puis du noisetier, qui ne dépassent toutefois pas le bouleau toujours dominant.

La ZaP *l* constitue à elle seule la phase CPC V. Le bouleau et le chêne sont ici en très net recul, à l'inverse du noisetier qui devient l'espèce majoritaire. L'orme s'installe de manière discrète mais régulière.

CPC VI est constituée de la seule zone *m*. Son cortège pollinique présente un fort taux de noisetier. L'orme affiche une présence bien marquée tandis que l'aulne s'installe de façon permanente. Le pin s'efface complètement à moins de 1 %.

Les zones d'assemblage pollinique *n*, *o* et *p* forment CPC VII. Elles sont constituées d'un fort taux d'aulne accompagné du noisetier et du chêne. Le tilleul affirme sa présence et y supplante l'orme.

CPC VIII regroupe les deux zones suivantes (*r* et *s*). L'aulne y reste dominant devant le chêne et le noisetier. Le tilleul décline nettement alors que le hêtre et le châtaignier s'installent à l'instar des espèces cultivées. Les graminées augmentent très fortement.

CPC IX équivaut à la zone *t*. Les *Poaceae* affichent un net recul concomitant à une hausse du chêne puis du hêtre. Le charme s'installe. Le noyer apparaît et la présence des cultures s'intensifie.

CPC X correspond à la seule zone *u*. Elle est marquée par un brusque essor des Ericacées dans un paysage dominé par les Poacées et le bouleau. L'aulne marque un très net recul, tout comme le hêtre.

Enfin, la dernière phase écologique CPC XI, équivaut aux zones *t* à *u*. Le paysage connaît un très rapide développement du pin. Le bouleau et le chêne croissent également, ainsi que le charme et le châtaignier. A l'inverse, bruyères et graminées baissent très fortement.

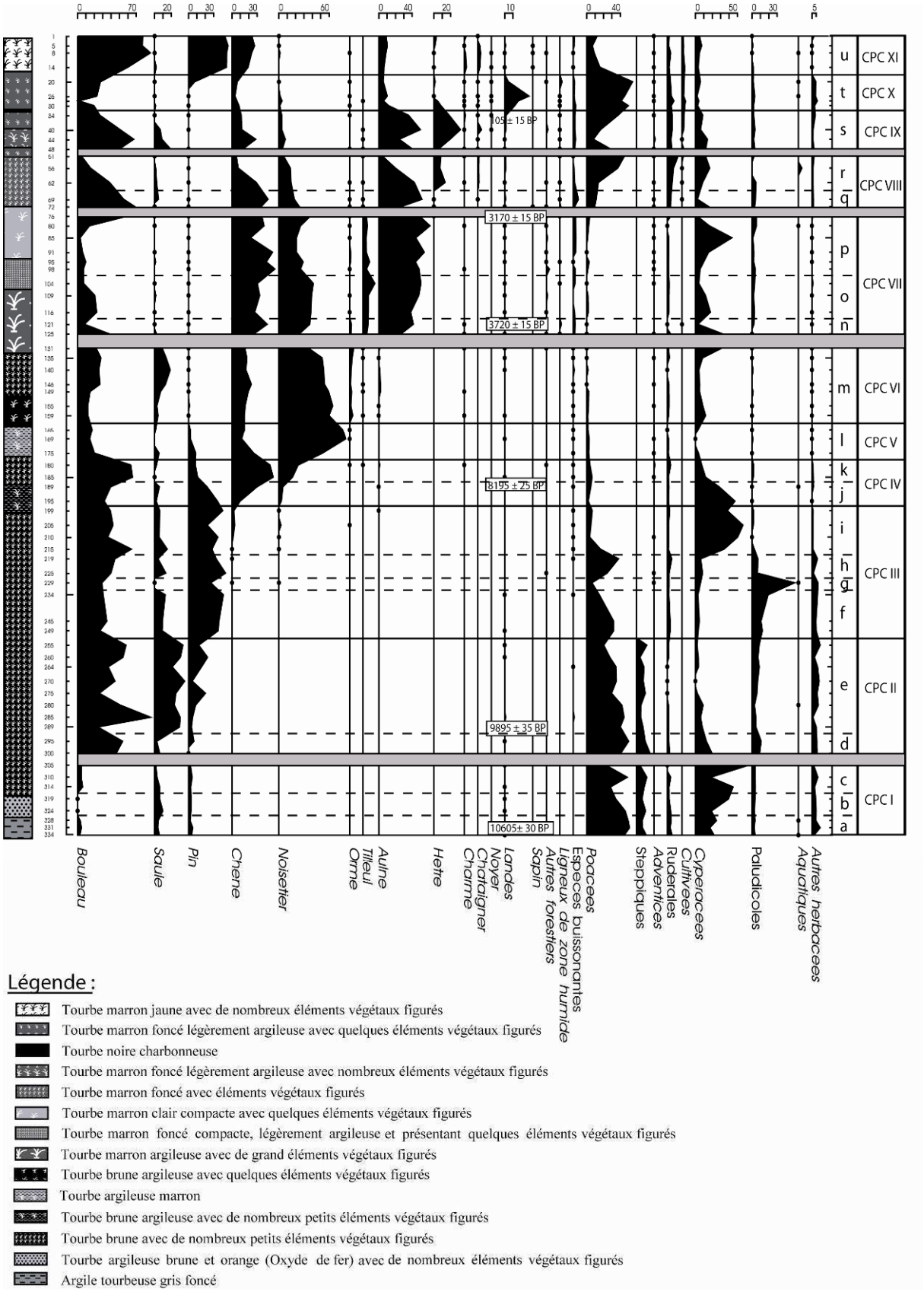


Figure 25 : diagramme pollinique simplifié du site « *le Carrefour du Pas de la Chèvre* »

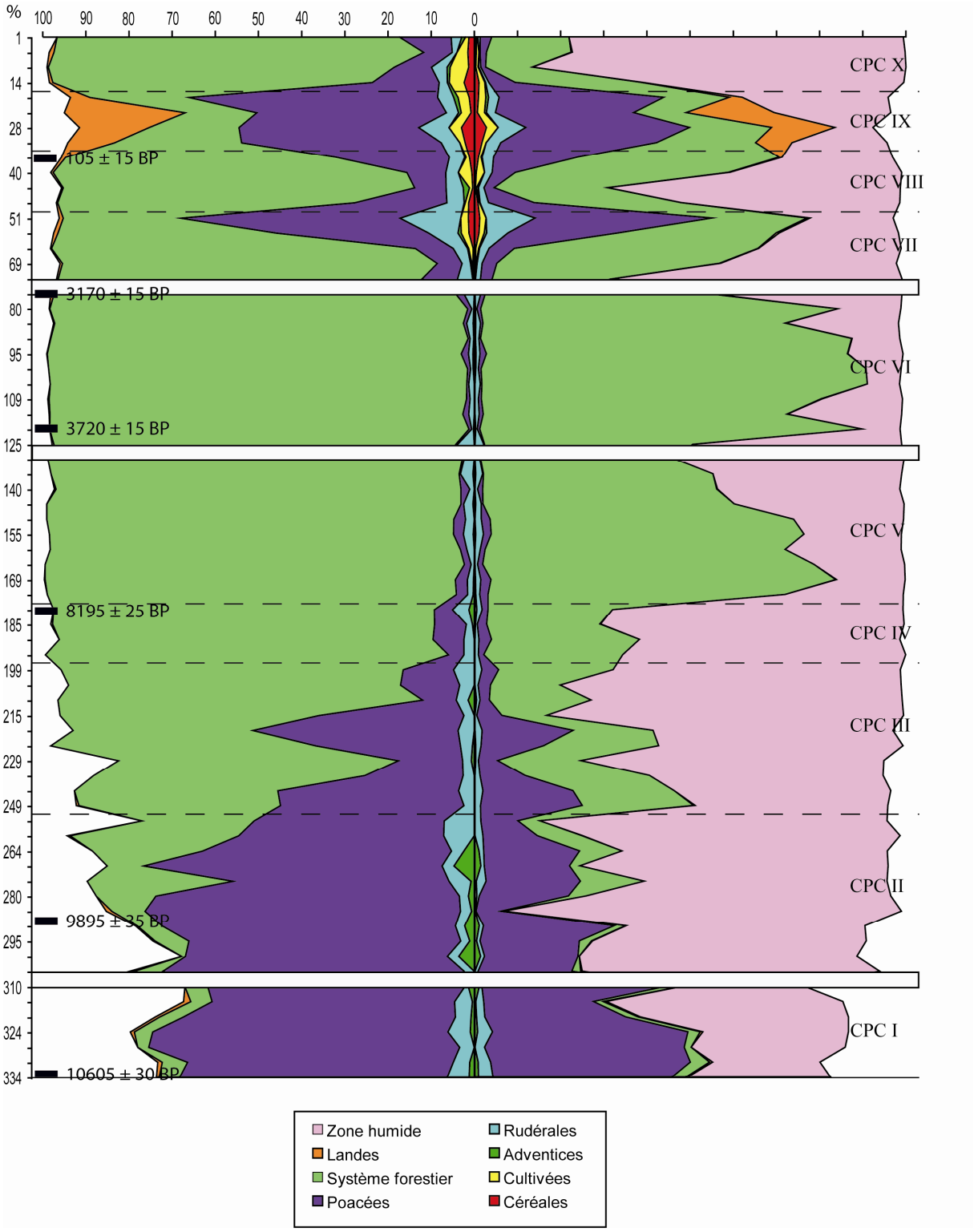


Figure 26 : diagramme Société/Végétation du site « *le Carrefour du Pas de la Chèvre* »

2.1.4 Interprétation

2.1.4.1 La végétation locale

Au cours de la phase CPC I, un cours d'eau calme circule au fond du vallon. Il n'est colonisé que par quelques *Myriophyllum* et *Potamogeton* pionniers. La forte pente du coteau n'est couverte que par une végétation rase. Le sol y est érodé entraînant un colluvionnement argileux qui comble le fond de vallée. Une prairie à *Cyperaceae* et *Poaceae* s'y développe.

Ensuite, au début de la phase CPC II, on observe un très net recul de cette prairie tandis que les taxons amphibies se multiplient. D'abord dominées par les Rubiacées, le cortège des paludicoles est ensuite conduit par les Apiacées puis *Lotus type*. Cette dynamique traduit une remontée progressive du niveau d'eau. Elle aboutit, en CPC IIIg, au développement d'une roselière majoritairement composée de *Typha angustifolia*, qui a besoin de 20 à 50 cm d'eau libre pour se développer. Cette formation n'est que transitoire. Elle ne domine la zone humide qu'au niveau 229 cm. Un atterrissement de la zone humide se produit dès la phase CPC IIIh. Il conduit à une réinstallation d'une cariçaie sur la zone humide en fin de phase « *i* ». Sur les bords, où les conditions sont plus sèches, les arbres s'installent d'abord sous la forme d'une boulaie-saussaie puis d'une boulaie pure. Sous leurs branchages, les fougères se développent.

A partir de la phase CPC IV, les Carex diminuent, sans doute suite à l'augmentation du dépôt tourbeux qui induit une baisse de l'hygrométrie. Des pollens de myriophylles témoignent de la présence d'un cours d'eau calme au fond du vallon. Sur ses rives, des rares vestiges de la roselière perdurent.

Au cours des phases CPC V et VI, le paysage local ne varie que très peu. La tourbière continue de s'épaissir sur le flanc est du vallon, un boisement de bouleaux et de saules ombragent les rives du ruisseau dont la profondeur d'une trentaine de centimètre permet l'installation d'une population de Rubanier d'eau. En fin de phase CPC VI, une baisse des conditions hygrométriques permet le développement de la cariçaie et des fougères sur la tourbière. Elle entraîne également un arrêt de la tourbification, voire une érosion des dépôts superficiels, qui se traduit par le hiatus entre les zones d'assemblage polliniques *m* et *n*.

Au début de la phase CPC VII, le niveau de la nappe augmente. La cariçaie se retrouve ennoyer et recule alors qu'une roselière se développe. La présence de pollen de *Sparganium* témoigne d'un ruisseau au cours calme au fond du vallon. Sur ces rives, l'aulne connaît un

essor important et devient l'espèce principale de la ripisylve devant le bouleau et de rares saules. Ces conditions se maintiennent et permettent la reprise de la formation de tourbe jusqu'à la fin de CPC VIIp. Il se produit à ce moment un développement des Cypéracées et des fougères sur la tourbière qui témoigne d'un léger assèchement de la tourbière même si le fond du vallon reste occupé par une roselière le long du ruisseau.

CPC VIII témoigne d'un léger recul de la cariçaie par rapport à la phase précédente mais l'élément le plus marquant de cette phase est un très recul des arbustes de la zone humide. C'est d'abord le bouleau qui décroît, rapidement suivi par l'aulne. Ce déboisement est favorable au saule qui augmente légèrement lors de la reconquête forestière.

CPC IX voit le recul de la roselière suite à une baisse de l'hygrométrie qui favorise le développement d'hydrocotyle. La reconquête forestière s'opère rapidement d'abord avec le saule, rapidement remplacé par l'aulne et le bouleau.

Pendant la phase CPC X, la végétation sur la tourbière se compose de carex et de Rosacées herbacées, dont *Filipendula*. Les occurrences de *Potamogeton* et *Myriophyllum spicatum* indique la présence d'une lame d'eau légèrement courante supérieure à 50 cm dans le ruisseau. Quelques bouleaux et de la bruyère poussent sur la zone humide.

Enfin, au cours de CPC XI, la végétation herbacée reste assez semblable à celle de la zone précédente : les carex dominent la tourbière tandis qu'un ruisseau coule au fond du vallon. En revanche dans la strate arbustive, on assiste à un recul de la bruyère alors que les bouleaux se développent abondamment. Quelques aulnes et saules sont disséminés dans cette boulaie donnant au paysage local son aspect actuel.

2.1.4.2 La végétation régionale

La première phase, CPC I, témoigne d'un milieu très ouvert composé essentiellement de prairies de Poacées et de Cypéracées. Elles cohabitent avec un ensemble d'espèces à caractère très nettement steppique comme *Artemisia* et *Thalictrum.* De rares bouleaux, sans doute nains, quelques genévriers, saules et pins contribuent ponctuellement au paysage. Le recul de *Betula*, *Juniperus* et *Ephedra distachya* en milieu de phase traduit sans doute une légère hausse de l'humidité qui profite aux Cypéracées.

CPC II traduit un paysage colonisé par des boisements très clairs dominés par le bouleau, que le saule accompagne dans un second temps. Bien que toujours rare, le pin s'installe peu à peu dans le décor. La strate herbacée constitue toujours un élément important

du paysage. Elle est dominée par les Poacées qui s'accompagnent d'un cortège de steppiques aux fréquences décroissantes.

La phase suivante, CPC III, montre l'évolution vers un paysage plus fermé. Le bouleau reste l'espèce principale des boisements encore clairs, mais le saule recule très nettement au profit du pin. Le chêne et le noisetier font leurs premières apparitions, traduisant ainsi un redoux des conditions climatiques. L'importance de la strate herbacée diminue régulièrement au cours de cette phase. Les prairies disparaissent et seule la végétation locale reste ouverte.

Au cours de CPC IV le paysage se ferme encore un peu. Bien que le bouleau reste la principale composante du couvert forestier, la présence du pin s'estompe. Il laisse la place au chêne qui forme un véritable massif forestier. Les clairières se font de plus en plus rares et seules quelques percées perdurent.

CPC V témoigne du développement du noisetier dans le paysage. La boulaie-chênaie qui dominait le massif de Paimpont se transforme rapidement en une corylaie-chênaie. Le bouleau n'occupe sans doute plus que les bords de la zone humide. Les zones déboisées restent rares, seules quelques clairières s'ouvrent dans la forêt.

Pendant la phase CPC VI, l'environnement végétal reste très fermé. De grandes forêts de noisetiers parsemées de chênes couvrent le massif de Paimpont. L'orme, rare jusque là, s'installe et devient une essence récurrente des boisements.

CPC VII décrit toujours un paysage régional très fermé. Le chêne devient l'espèce principale dans les forêts, alors que le noisetier décline. L'orme qui s'était étendu lors de la phase précédente, laisse ici la place au tilleul. Cette dense chênaie mixte ne laisse que peu de place à quelques rares clairières

Lors de la phase CPC VIII, la dynamique végétale correspond à une ouverture du milieu. La forêt, extrêmement dominante au cours des quatre phases précédentes, décline très fortement : la chênaie-corylaie disparaît peu à peu et le tilleul s'efface complètement. Dans les boisements restants, on observe toutefois l'apparition du hêtre (*Fagus sylvatica*). Discret dans un premier temps, il devient en seconde partie de phase, une essence importante des bosquets.

CPC IX retrace un épisode de reconquête forestière. Les grandes prairies de la fin de la phase CPC VIII disparaissent rapidement. Elles sont remplacées par une forêt dominée par le chêne, puis très rapidement par le hêtre. Dans cette hêtraie-chênaie, le charme s'installe de façon régulière tandis que le noisetier s'estompe.

Au cours de la phase CPC X, le milieu est très ouvert. Des prairies de Poacées dominent, elles abritent un grand nombre d'Ericacées (*Erica* et *Calluna*) qui indiquent le très

fort développement de landes rases, sèches et humides. En dehors de la ripisylve, de rares arbres se dessinent dans ce paysage de landes, principalement des chênes et du bouleau.

La phase CPC XI témoigne d'une très grande fermeture du milieu. Les zones de prairies régressent très nettement alors que la reconquête forestière s'opère. Le chêne se réimplante sur une grande partie du massif de Paimpont, accompagné du charme, du hêtre et du châtaignier. Ailleurs, c'est le pin qui s'installe. Présent seulement de façon très sporadique depuis la phase CPC VI, il se développe ici très fortement et forme de véritables forêts de résineux.

2.1.4.3 L'influence de l'homme sur le milieu

Au cours des phases CPC I à VI, le diagramme pollinique ne révèle pas de présence anthropique à proximité du site du *Pas de la Chèvre*. Le milieu décrit y est généralement très fermé et les rares occurrences de taxons assimilables à des rudérales trouvent sans aucun doute leur origine dans les perturbations naturelles du milieu, telles que les tempêtes et incendies.

L'échantillon 125 cm révèle une légère hausse des taxons rudéraux. Elle est associée à un milieu légèrement plus ouvert, en cours de reconquête forestière, comme l'indique la hausse du chêne et du noisetier. Toutefois, cette dynamique des ligneux pourrait certainement s'expliquer par le seul pic des Cypéracées, si le premier témoin fiable d'une implantation humaine ne se situait pas dans l'autre échantillon de cette zone CPC VIIp, le niveau 121 cm. On y observe en effet la première occurrence de pollen de céréale du diagramme. Ainsi, cette zone « *p* » témoigne certainement de la fin d'une occupation qui s'est développée antérieurement au commencement de CPC VII, au cours du hiatus séparant cette phase de la précédente.

Aucun des autres échantillons de cette phase ne présente d'indice évident d'une présence humaine : les taxons cultivés n'apparaissent pas et le milieu est dominé par une chênaie mixte. Seule l'installation récurrente, mais très discrète, de l'oseille pourrait indiquer le maintien de populations humaines.

C'est avec le début de la phase CPC VIII que la présence humaine se fait réellement sentir : la fréquence des taxons rudéraux double par rapport aux niveaux précédents et les

céréales sont présentes de façon régulière tout au long de la phase. On observe également au cours de cette période l'apparition et le développement en courbe continue du châtaignier. Cette évolution s'accompagne d'un recul des zones boisées, indiqué par le retrait de l'ensemble des arbres, excepté le hêtre.

Avec la phase CPC IX, c'est un milieu de plus en plus anthropisé qui se dessine au travers des données polliniques. Après une légère reprise forestière, le milieu s'ouvre de nouveau. Les pourcentages de rudérales sont certes plus faibles qu'au cours de la phase précédent, mais les cultures se développent comme l'indique la courbe désormais continue des céréales. On assiste également ici à l'apparition de la culture du noyer.

CPC X est marquée par l'essor des landes rases dans le paysage. Le milieu est extrêmement ouvert et de nombreuses prairies sont visibles. L'agriculture se développe et surtout se diversifie : aux côtés des céréales, on cultive également le blé noir et sans doute le chanvre comme le suggère les occurrences continues de *Cannabis/Humulus* au cours de cette phase. La fructiculture des noix et des châtaignes se maintient même si elle montre un léger recul.

Avec sa dynamique de fermeture du milieu, CPC XI semble, au premier abord, témoigner d'un recul de la présence humaine sur le massif. Mais, la présence encore très nette de culture céréalière témoigne du maintien de populations. De plus, l'essor rapide du pin, qui devient l'une des espèces principales des peuplements forestiers au cours de cette période, indique sans doute une mise en culture de cette essence sur le massif de Paimpont. La forêt devient alors un espace cultivé au même titre que les parcelles céréalières. La diminution des espèces rudérales jusqu'à des valeurs proches de celles observées dans les premières phases du diagramme révèle probablement la poursuite d'une baisse des activités pastorales débutée au moins depuis la phase précédente.

2.2 Trécélien

2.2.1 Présentation du site et stratigraphie du sondage

Le site de *Trécélien* (48°00’29’’ N ; 02°08’18’’ W) se trouve en Basse-Forêt, à un kilomètre au nord des Forges de Paimpont. D’une surface d’environ 6 ha, la tourbière prend place sur la rive droite du ruisseau éponyme, entre la *ligne du Pas du Houx à la Fenderie* et le ruisseau. Elle est recouverte d’une végétation claire composée pour l’essentiel de bouleaux, sous lesquels une population dense de fougères aigles se développe. Quelques hêtres et chênes, ainsi qu’un if croissent dans les zones de plus faible hygrométrie.

Le prélèvement a été réalisé manuellement à 200 m au nord de ligne de *la Patte d’Oie* et à une trentaine de mètres à l’ouest du ruisseau de Trécélien. Une prospection préalable a été réalisée à l’aide d’une tarière pédologique. Le point de sondage a ensuite été choisi en fonction de sa meilleure tenue et non pas selon la plus grande épaisseur de sédiment, car à cet endroit la tourbe était gorgée d’eau et donc peu propice au carottage. 1,80 m de sédiment a été récolté en trois descentes du carottier dans deux puits parallèles, avant d’atteindre un niveau d’argile grise compact qu’il n’a été possible de traverser en l’absence de système mécanisé.

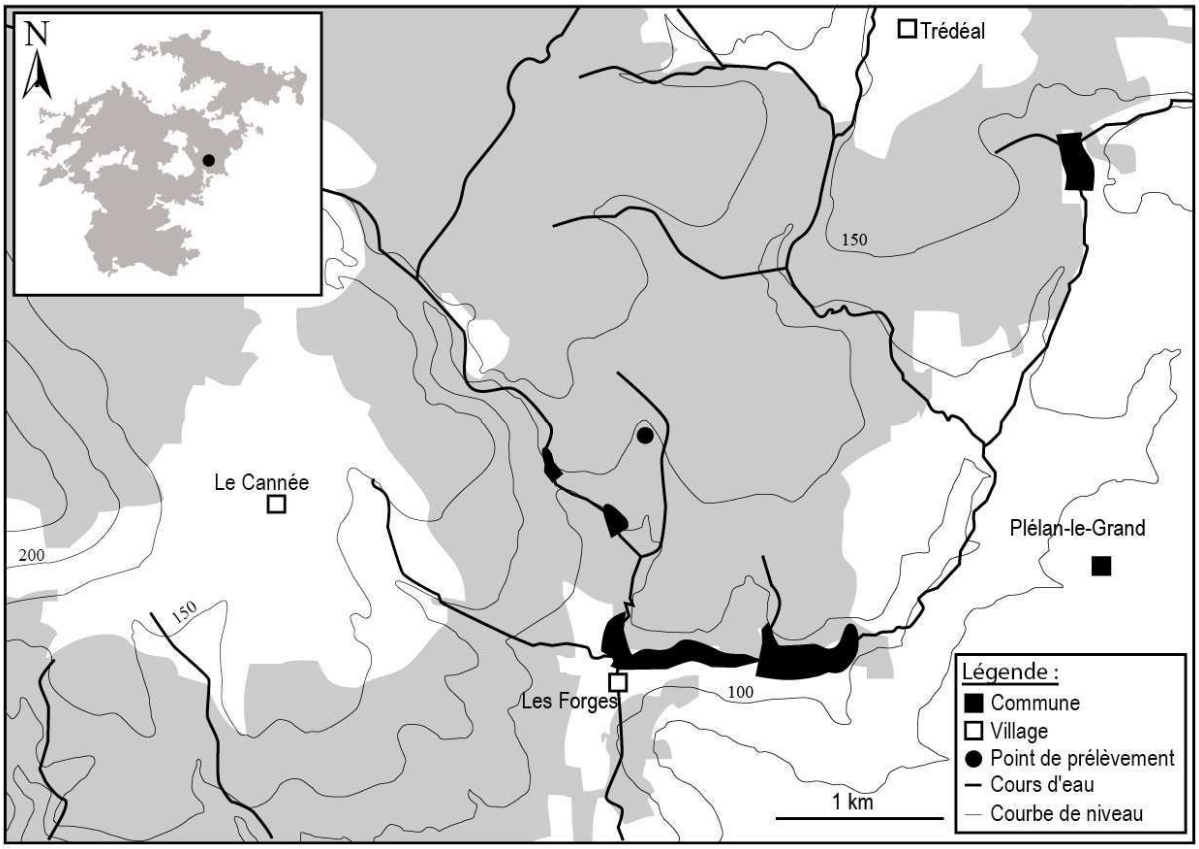


Figure 27 : Carte de localisation du sondage de Trécélien

Lors de l'échantillonnage, 11 unités sédimentaires ont pu être individualisées le long du prélèvement.

Profondeur (cm)	Description
0 – 7	Tourbe blonde présentant de nombreux éléments végétaux en cours de décomposition (sphaignes, herbacées, ligneux).
7 – 13	Tourbe noire avec quelques éléments herbacés.
13 – 27	Tourbe marron clair comportant des éléments herbacés et racinaires aisément reconnaissables.
27 – 50	Tourbe de couleur marron foncé avec quelques éléments herbacés.
50 – 70	Tourbe noire argileuse présentant des éléments ligneux et herbacés relativement bien conservés.
70 – 86	Tourbe noire limoneuse avec éléments ligneux et herbacés.
86 – 94	Tourbe noire très compacte très pauvre en éléments végétaux identifiables.
94 – 141	Tourbe marron foncé avec éléments herbacés et ligneux.
141 – 158	Tourbe noire avec éléments herbacés bien conservés.
158 – 167	Tourbe marron légèrement limoneuse avec des éléments herbacés bien conservés.
167 – 180	Couche argilo-limoneuse grisâtre.

Tableau 3 : stratigraphie de la séquence de *Trécélien*

2.2.2 Les datations radiocarbone

Référence	Matériel	Type	Profondeur	Âge C14	Date cal. BP (2σ, 95%)
Ly-13867	Bois	Directe	57 - 59	510 ± 55	651 - 581 (26,9%) ; **570 -477 (68,5%)**
ULA-853	Bois	Directe	110 - 112	1570 ± 20	**1521 - 1409 (95,4%)**
Ly-3715(GrA)	Bois	Directe	164 - 165	1925 ± 30	**1948 - 1816 (95,4%)**

Tableau 4 : résultats des datations radiocarbone sur le site de *Trécélien*. Les intervalles à plus forte probabilité figurent en gras

2.2.3 Résultats

Cette étude repose sur l'analyse de 31 échantillons polliniques. Prélevés dans l'ensemble des unités stratigraphiques, sauf dans le niveau de tourbe blonde sommital, ils sont espacés d'une distance comprise entre 3 et 7 cm, soit un pas moyen légèrement supérieur à 5 cm (5,16). Au total 24 502 pollens ont pu être identifiés, ce qui fait un peu plus de 740 par niveau en moyenne. Ils se répartissent en 90 types polliniques différents. La diversité

taxonomique est en moyenne de 31 types pollinique par niveau, mais elle varie entre 19 et 41 types en fonction de l'échantillon.

Au cours de cette analyse, les concentrations absolues des niveaux 170 et 175 n'ont pas pu être calculées. Ces échantillons étant de nature minérale, la totalité de chacun d'eux a été utilisée au cours de la phase d'extraction. Il n'était alors plus possible de mesurer leur taux d'humidité pour calculer les concentrations polliniques.

Pour les autres échantillons, la concentration varient entre 30 346 et 7 127 360 grains de pollen par gramme de sédiment sec. La courbe de leur évolution permet de distinguer six phases de variation. Elles ne semblent pas liées à la nature du sédiment mais plutôt à la structure de la végétation (Figure 28).

Entre les niveaux 165 et 145 cm, les concentrations polliniques sont inférieures à 3 millions de grains/g. de sédiments. Elles suivent une légère tendance à l'accroissement. Ces variations observées sur la courbe de concentration totale s'expliquent surtout par celles de l'aulne.

Ensuite, du niveau 145 au 127 cm, les concentrations sont plus fortes. Elles sont toutes supérieures à 3 millions et dépassent même les 7 millions de grains de pollens par gramme de matière sèche à 130 cm de profondeur. Ces variations s'expliquent par une augmentation des concentrations d'une majorité des taxons, qu'ils soient ligneux ou herbacés. Toutefois, on peut noter que cette hausse n'est pas visible sur le graphe des fréquences relatives pour l'ensemble des taxons. Ainsi, sur le diagramme pollinique, les courbes des taxons herbacés suivent cette tendance tandis que tous les ligneux, à l'exception du bouleau, présentent une dynamique décroissante. Cette inversion de comportement d'une quasi-totalité des taxons ligneux indique une hausse des concentrations des herbacées proportionnellement plus importante que celle que connaissent les espèces arborescentes et arbustives.

La troisième phase prend place entre 127 et 104 cm de profondeur. Elle se caractérise par des concentrations fluctuant autour de 2 millions de grains par gramme. Là encore, *Alnus* est le principal contributeur aux valeurs des concentrations. Contrairement à la phase précédente les courbes des fréquences absolues et relatives suivent les mêmes trajectoires.

Pendant les niveaux 102 à 96 cm, il se produit une forte hausse des concentrations polliniques. Elle est due à un pic de production de l'ensemble des taxons arborescents alors que les productions des espèces herbacées marquent un plateau relativement stable. Une légère diminution de la fréquence de *Betula* est visible au niveau 102 cm ; elle correspond en fait à une sous-représentation de ce taxon, dont la production pollinique reste stable alors que celles des autres taxons augmentent. De la même façon, au niveau suivant on note une baisse

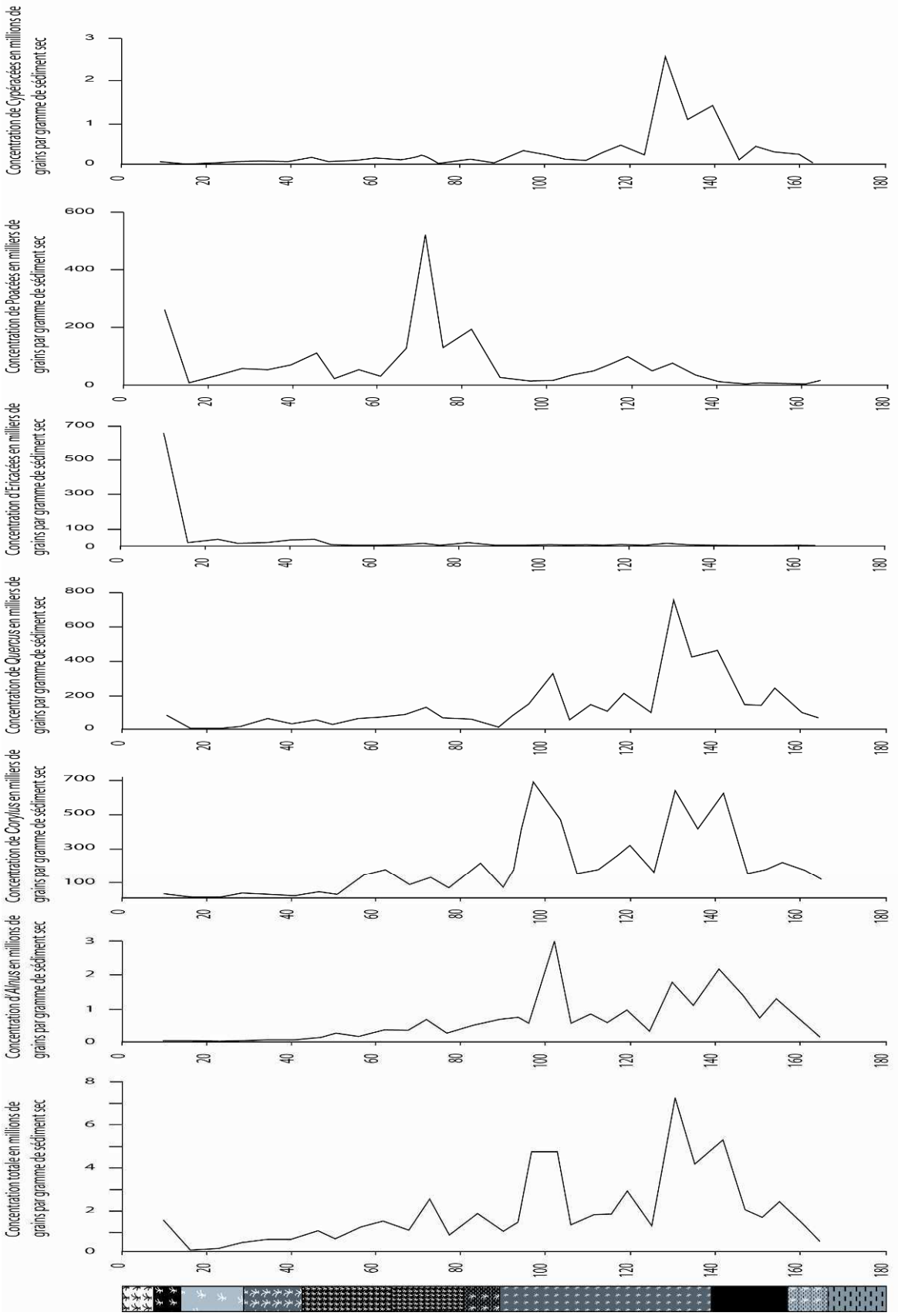


Figure 28 : Courbes de variations des concentrations absolues des principaux taxons du site de « *Trécélien* »

des fréquences relatives de plusieurs taxons qui atteignent parfois leur niveau le plus bas (*Alnus, Quercus, Poaceae…*). Elle s'explique plus par la très forte hausse de *Betula*, que par une baisse de leurs propres productions.

Entre 92 et 16 cm de profondeur, la courbe des concentrations suit une tendance à la décroissance pour atteindre finalement son niveau le plus faible (30 346 grains de pollen/g. de sédiment sec). Les fréquences des pollens d'arbres suivent cette tendance, alors que celles des taxons herbacés présentent une phase d'accroissement. Ainsi, la courbe des Cypéracées est marquée par deux pics situés aux alentours de 80 et 40 cm de profondeur.

Enfin, la dernière phase de concentration pollinique correspond au seul niveau 16 cm. Elle se caractérise par une remontée des concentrations absolues. Elle est le fait d'une forte hausse des teneurs en Ericacées et Poacées et, dans une moindre mesure, d'une hausse de *Quercus*. Cette dernière n'est pas visible sur le diagramme.

2.2.3.1 Les zones d'assemblage pollinique.

Sur le site de Trécélien, 9 zones d'assemblages polliniques ont été reconnues.

- *zone a* (175 - 170 cm)

Elle correspond au niveau argileux situé au fond du prélèvement. Avec près de 95% de pollens d'arbres, elle présente un milieu très fermé où domine le noisetier (*Corylus* : 50%) et dans une moindre mesure le bouleau (*Betula* : 30%). Le chêne (*Quercus*) et l'aulne (*Alnus*) sont également présents mais de façon plus réduite. Leurs fréquences ne dépassent pas 10%. Les herbacées sont presque absentes avec une fréquence d'environ 5%.

- *zone b* (165 - 161 cm)

En concordance avec le niveau de tourbe marron légèrement limoneux, elle se caractérise par un fort accroissement d'*Alnus* dont la fréquence passe de moins de 10 % à plus de 50%. Au cours de cette période, *Quercus* connaît également une phase de développement passant de 10 à 30%, *Hedera* se développe légèrement et le tilleul et l'orme (*Tilia* et *Ulmus*) apparaissent, alors que la fréquence de *Betula* chute de façon importante (passage de 30 à 10%) et que celle de *Corylus* amorce une baisse plus légère. Les herbacées sont un peu plus présentes à cause, notamment, des *Cyperaceae* qui s'installent durablement et à la présence d'un pic des Poacées au début de la séquence.

- *zone c* (155 - 141 cm)

Elle correspond à la couche de tourbe noire. Durant cette phase, la végétation ligneuse est encore une fois très dense et est dominée par l'aulne, qui atteint ici son plus haut niveau de la séquence avec près de 75%. *Quercus* et *Corylus*, avec des fréquences oscillant entre 30 et 40%, sont les deux autres composantes principales de la strate arborescente. *Betula* et *Tilia* se maintiennent à un faible niveau tandis qu'*Ulmus* et *Hedera* régressent. Au niveau de la strate herbacée, les Cypéracées se maintiennent et connaissent même un léger essor en fin de zone au moment où les plantes aquatiques se diversifient (*Typha angustifolia, Sparganium*…). Durant cette phase, on assiste également à une augmentation de la diversité du cortège des rudérales (*Rumex, Plantago, Artemisia,* Chénopodiacées…).

- *zone d* (135 - 115 cm)

Elle a pour principale caractéristique la présence de *Salix*. Il s'y produit également un développement de *Betula* (passage de 5 à 20%) alors que *Quercus, Corylus* et *Alnus* connaissent une phase de régression et que *Tilia* disparaît presque. Dans cet environnement très boisé, les Graminées s'installent de façon durable (environ 10%) alors que les Cypéracées s'effacent.

- *zone e* (111 - 102 cm)

Elle voit les prémices de l'installation du hêtre (*Fagus*). Au sein de la flore arborescente, on observe également une reprise d'*Alnus* puis de *Betula*. Les courbes de *Quercus*, *Betula* et *Corylus* sont stables autour de 20 à 30%. Dans la strate herbacée, où les Cypéracées sont absentes, les Poacées connaissent une raréfaction pour atteindre une fréquence inférieure à 1%.

- *zone f* (96 – 67 cm)

Elle est caractérisée par l'installation durable de *Fagus*. Elle débute par un pic prononcé d'*Alnus*, plus de 80% au niveau 89cm. Toutefois, ce dernier est absent sur le graphe des fréquences absolues, ce qui révèle une stabilité de l'aulne à des niveaux assez semblables à ceux de la zone « d » et de la base de la zone « e ».

Cette zone est surtout caractérisée par une phase d'ouverture du milieu. En effet, les NAP, sous l'influence principale des Poacées, connaissent une phase d'accroissement jusqu'au niveau 72 cm où ils atteignent environ 60%, puis la courbe s'infléchit pour revenir à

une valeur proche de 20%. Les Cypéracées, qui réapparaissent au cours de cette phase, ont également un effet, mais moindre, sur le taux des herbacées. C'est au cours de cette phase que l'on voit les espèces cultivées (*Fagopyrum, Cerealia* et *Secale*) s'installer de façon relativement stable au sein du diagramme même si leurs fréquences n'excèdent que rarement 1%. Les rudérales, déjà présentes dans les niveaux inférieurs, continuent à se développer et surtout à se diversifier.

- *zone g* (61 - 50 cm)

Cette zone prend fin au niveau de la transition entre la strate à tourbe noire argileuse avec des éléments ligneux et herbacés et celle à tourbe marron foncé avec quelques éléments herbacés. Elle a pour caractéristique principale une fermeture du milieu visible par une remontée des AP jusqu'à 90%, due notamment à une reprise de *Betula* suivie de celle d'*Alnus*, toutes deux d'une valeur de 20%. Cette zone est également marquée par la très faible présence des Cypéracées (moins d'1% dans chacun des niveaux). Les rudérales semblent, quant à elles, marquer un faible recul visible au travers de la diminution de leur diversité.

- *zone h* (46 - 28 cm)

Elle correspond au niveau de tourbe marron foncé contenant quelques éléments herbacés. Elle est le siège d'une lente ouverture du milieu visible au travers de la progression des NAP de 20 à 50%. Cette augmentation est liée surtout à la réapparition des Cypéracées et au développement des Graminées. Les plantes aquatiques voient une diminution de leur présence au cours de cette zone. Le cortège des rudérales connaît quant à lui une diversification.

Durant cette zone, *Quercus*, *Fagus* et *Corylus* restent à des niveaux faibles mais stables, tandis que l'aulne et le bouleau diminuent, passant réciproquement de 30 à 15 % et de 50 à 5%.

- *zone i* (23 - 10 cm)

Elle voit une légère diminution des NAP qui passent de 50 à 30%. Toutefois, cette variation ne correspond pas à une phase de fermeture du milieu puisqu'elle est due à une très forte expansion d'*Erica* qui passe de 5 à environ 50%. Dans le même temps, les Graminées, qui connaissent une phase d'accroissement de leur fréquence absolue, se maintiennent à un niveau de 20%, alors que les Cypéracées, qui s'étaient réimplantées au cours de la période précédente, s'effacent ici peu à peu avant de disparaître. Dans la strate arborée, *Quercus*,

Fagus et *Betula* se maintiennent à des niveaux très faibles (10% maximum) et il faut noter la disparition d'*Alnus*, *Carpinus* et *Corylus*. Cette zone est également marquée par la disparition des spores monolètes.

2.2.3.2 Les phases écologiques

Les 9 zones d'assemblage pollinique identifiées et décrites ci-dessus peuvent être regroupées en 6 phases écologiques qui traduisent les variations des grandes formations végétales du paysage (Figure 29).

La première phase écologique, TRE I, se limite à la zone d'assemblage pollinique *a*. Elle présente un paysage dominé par *Corylus* et *Betula*. Les herbacées y sont très rares.

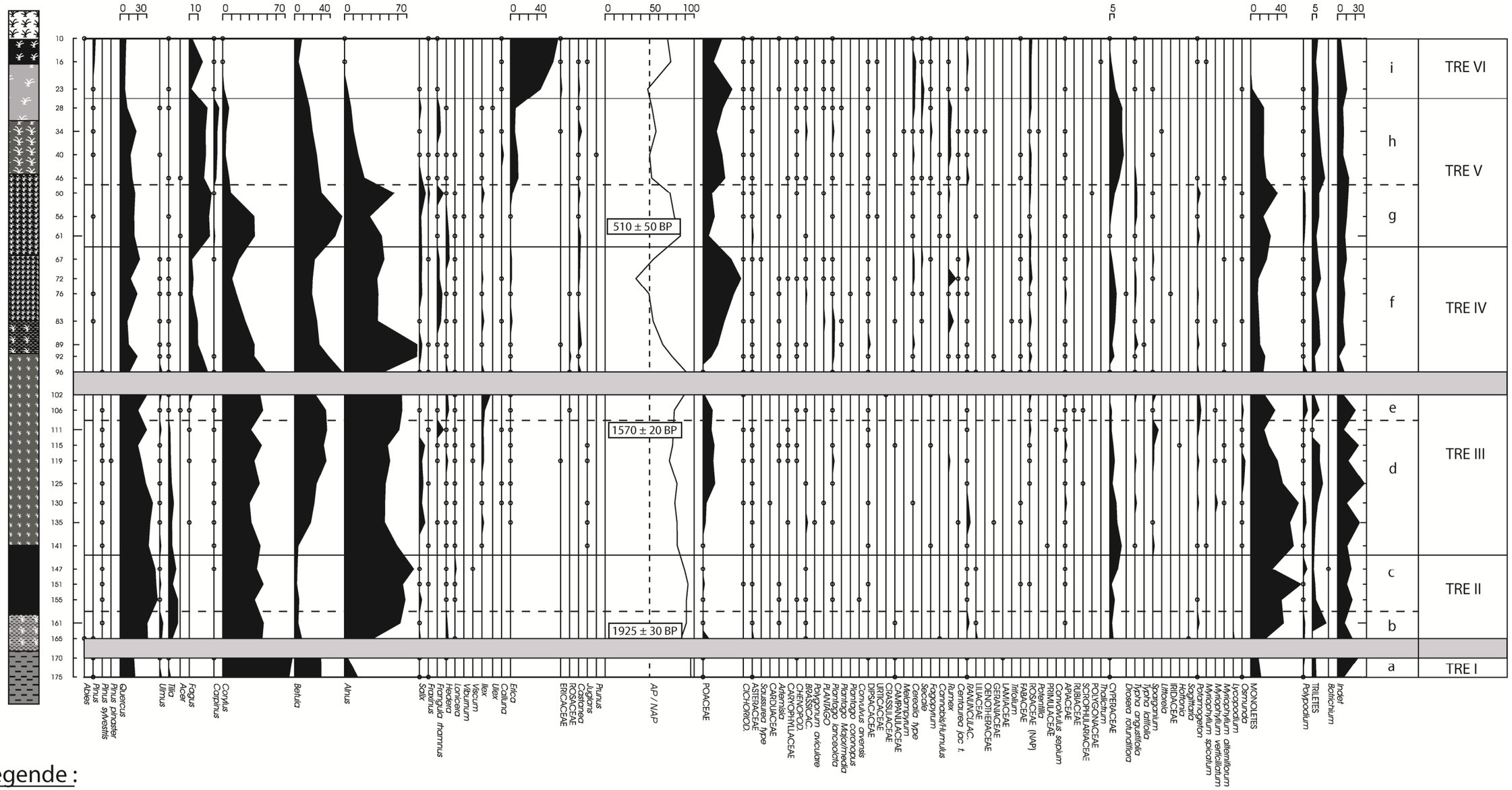
TRE II regroupe les zones *b* et *c*. Elles présentent toutes les deux un paysage dominé par le chêne et le noisetier. L'aulne y est également abondant, tandis que le tilleul se développe.

Les ZaP *d* et *e* forment la phase TRE III. Leurs cortèges polliniques possèdent de plus grandes fréquences de *Poaceae*. Dans le même temps, le chêne et le tilleul commencent à décliner. Le hêtre fait son apparition, ainsi que divers taxons cultivés (*Cerealia*, *Fagopyrum* et *Juglans).*

TRE IV équivaut à la seule zone *f*. Elle se caractérise par un assemblage où les *Poaceae* occupent une place de plus en plus importante. Le hêtre a pris son essor et est maintenant présent en courbe continue. Le châtaignier apparaît ici pour la première fois de la séquence.

TRE V réunit les zones *g* et *h*. Elle s'individualise par une forte proportion de hêtre dans les assemblages polliniques. Les autres ligneux décroissent plus ou moins fortement, à l'exception du charme qui se développe en seconde partie. Les cultivées y sont nombreuses et diversifiées.

La dernière phase, TRE VI, correspond à la seule zone *i*. Son cortège pollinique se compose principalement d'*Erica* et de *Poaceae*. Ils sont accompagnés de quelques chênes, hêtres et bouleaux. Les spores monolètes sont absentes et les *Cyperaceae* décroissent.



Légende :

- Tourbe blonde présentant de nombreux éléments végétaux en cours de décomposition (sphaignes, herbacées, ligneux).
- Tourbe noire avec quelques éléments herbacés.
- Tourbe marron clair comportant des éléments herbacés et racinaires aisément reconnaissables.
- Tourbe de couleur marron foncé avec quelques éléments herbacés.
- Tourbe noire argileuse présentant des éléments ligneux et herbacés relativement bien conservés.
- Tourbe noire limoneuse avec éléments ligneux et herbacés.
- Tourbe noire très compacte très pauvre en éléments végétaux identifiables.
- Tourbe marron foncé avec éléments herbacés et ligneux.
- Tourbe noire avec éléments herbacés bien conservés.
- Tourbe marron légèrement limoneuse avec des éléments herbacés bien conservés
- Couche argilo limoneuse grisâtre.

Figure 29 : diagramme pollinique du site de « *Trécélien* »

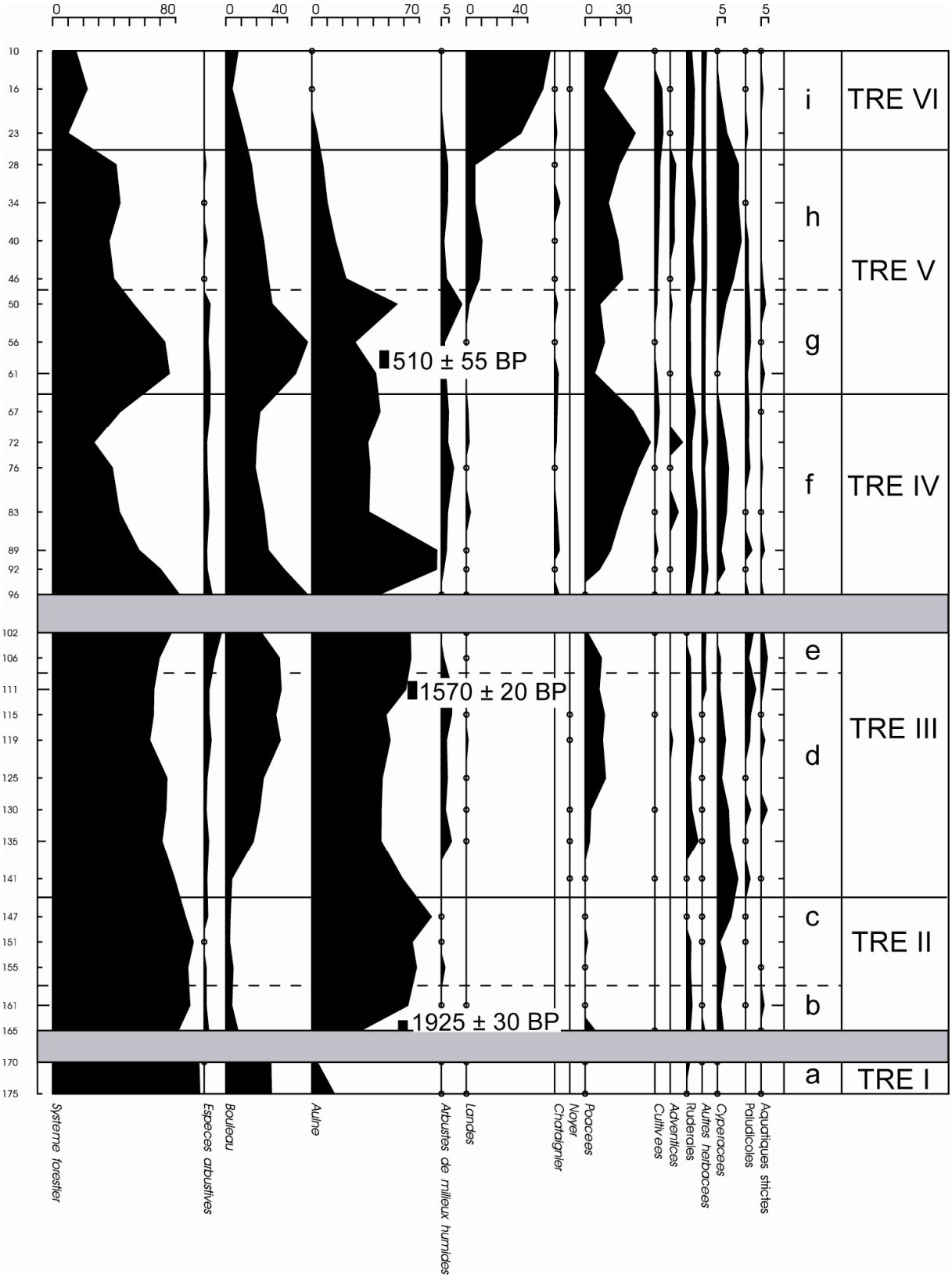


Figure 30 : diagramme pollinique simplifié du site de « *Trécélien* »

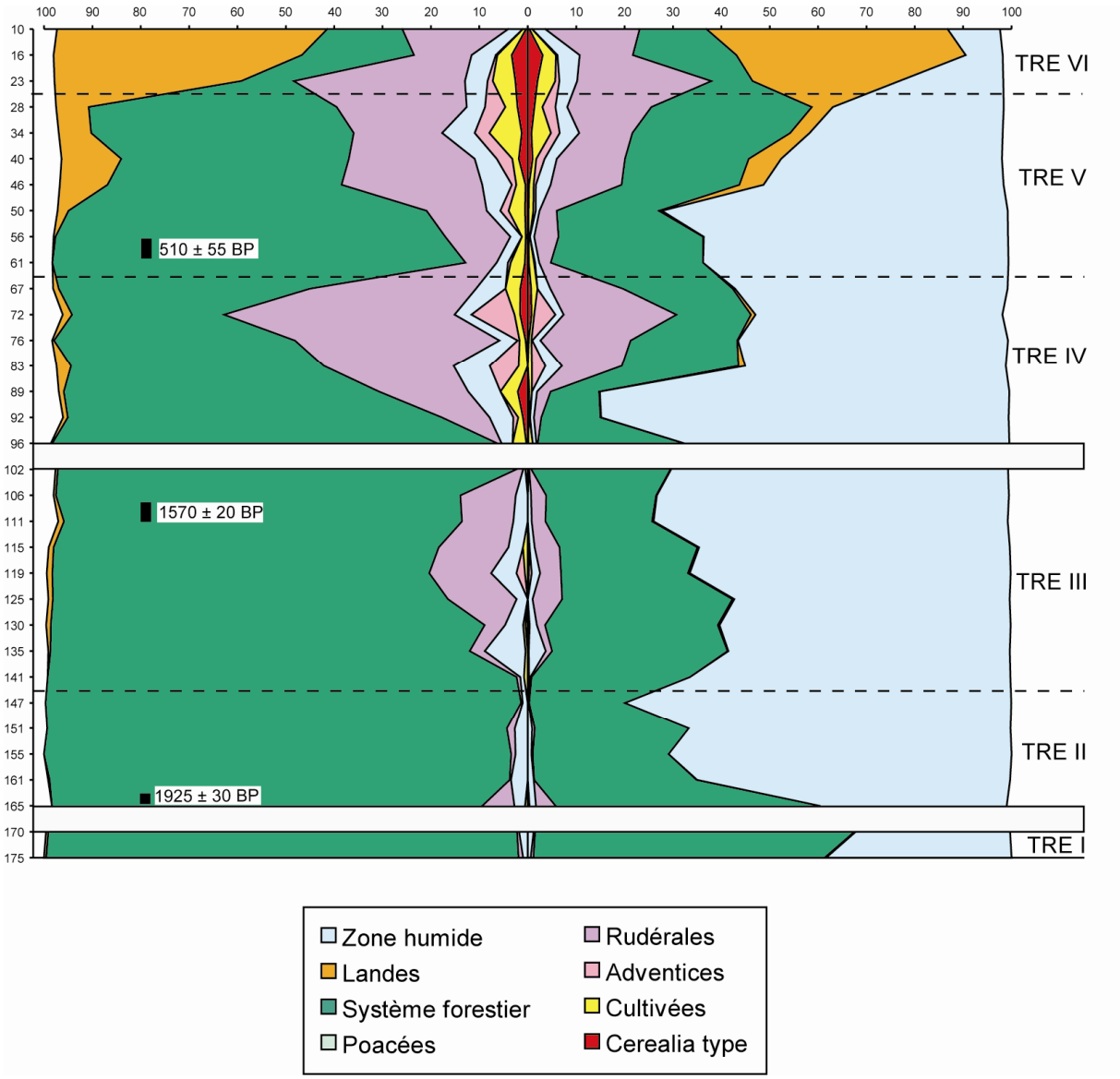


Figure 31 : diagramme Société/Végétation du site de « *Trécélien* »

2.2.4 Interprétation

2.2.4.1 La végétation locale

Au cours de la phase TRE I, les herbacées inféodées aux zones humides sont presque absentes du diagramme. Quelques Cypéracées et un seul Potamot ont été identifiés. Ces rares pollens permettent toutefois de supposer que le ruisseau de Trécélien circulait déjà à proximité du site. Son courant était sans doute très faible permettant le dépôt argileux au bas

de la séquence (Tableau 3). Sur ces rives poussent des bouleaux et quelques aulnes, qui abritent de petits touradons de molinies.

Avec le début de la phase TRE II, on assiste à une hausse des conditions hygrométriques qui permet l'enclenchement du processus de tourbification Ces conditions sont plus favorables aux Carex qui se développent et forment de véritables prairies. L'apparition du myriophylle au côté de *Potamogeton* confirme cette hausse de la nappe. Dans la ripisylve, le bouleau disparaît presque pour laisser place à un boisement d'aulnes.

Pendant la phase TRE III, il se produit tout d'abord une nouvelle augmentation du niveau d'eau. Elle se traduit par un recul progressif des Cypéracées et un essor des taxons aquatiques, *Potamogeton* et *Myriophyllum*. Le ruisseau apparaît donc plus large et profond mais son courant demeure toujours relativement calme. Sur les nouvelles rives peu profondes, conquises sur les prairies de laîches, on assiste à la mise en place d'une roselière dominée par le rubanier émergé, accompagné sans doute du roseau à balais et de la baldingère faux-roseau. Puis *Typha* s'installe préfigurant le développement d'une mégaphorbiaie. En périphérie, il se produit une extension du bouleau et du saule au sein de l'aulnaie.

La transformation de la roselière se produit lors de la phase TRE IV. On y assiste en effet à une disparition de *Sparganium* alors que *Typha* se maintient. Cette métamorphose s'explique par une baisse légère du niveau d'eau qui touche l'ensemble de la zone humide. Elle entraîne également une réduction des taxons aquatiques mais profitent aux Cypéracées qui semblent reconquérir une partie des zones émergées. Au moment le plus sec, des Iridacées croissent dans ces prairies. Mais cette étape est très fugace. Rapidement, à la fin de la phase TRE IV, les conditions hydrologiques augmentent et permettent un retour de la roselière à *Sparganium*. Pendant cette phase, on assiste également à un éclaircissement de la ripisylve : le bouleau et l'aulne décroissent. Les espaces libérés permettent aux espèces pionnières de s'installer (saule et bourdaine).

La hausse de l'hygrométrie se poursuit au début de la phase suivante. Il s'y produit un accroissement du Potamot, qui témoigne de cette remise en eau du système. Elle entraîne cette fois-ci encore une réduction importante des prairies à Cypéracées, visible surtout au niveau 61 cm. Toutefois, cette étape n'est que passagère puisque dès le niveau suivant l'installation d'une nouvelle roselière et la réinstallation de laîches indique un retour à un niveau de nappe d'eau moins élevé. Dans la seconde moitié de cette phase TRE V (ZaP *h*), le milieu semble s'assécher encore un peu avant de se stabiliser : les aquatiques disparaissent, ainsi que la roselière. Seules des prairies de Cypéracées perdurent. Elles sont couvertes d'une boulaie claire où se rencontrent des aulnes et quelques saules et bourdaines.

Enfin, au cours de la phase TRE VI, on assiste à une remontée du niveau d'eau dans le ruisseau. Elle permet à *Myriophyllum* et *Potamogeton* de se réimplanter sur le site. Les Cypéracées semblent se raréfier, mais cela est dû au très fort développement des Ericacées, dont une partie correspond à l'installation d'une lande humide sur la tourbière. La ripisylve s'éclaircie et seuls les bouleaux continuent de pousser.

2.2.4.2 La végétation régionale

A la base du diagramme, la phase TRE I décrit un paysage à la végétation arborée très développée. Il s'agit d'une forêt claire constituée principalement de noisetiers. Ponctuellement, des zones plus fermées sont présentes. Elles se composent principalement de chênes, qui peuvent être accompagnés ponctuellement d'ormes et de tilleuls. Les rares occurrences de *Campanulaceae* suggèrent l'existence de zones ouvertes réduites où la lande peut s'installer.

Les variations marquées de certains taxons comme *Corylus* et *Alnus* et le changement sédimentaire observé entre les niveaux 170 et 165 témoigne d'un hiatus dans l'enregistrement pollinique entre les phases TRE I et TRE II. Le boisement clair de la première phase s'est transformé en un boisement plus dense. Le chêne et le tilleul ont conquis de nouveaux territoires au détriment du noisetier. Le charme apparaît. Les légers pics de graminées aux niveaux 165 et 151 cm illustrent la présence des clairières dispersées dans la forêt.

La phase TRE III témoigne d'une légère ouverture du milieu. Elle se traduit par un recul du chêne et du tilleul. Dans ces zones dégagées, des prairies s'installent ainsi que des landes sèches ou humides, comme l'atteste la présence répétée de *Calluna* et *Erica*. Cette période d'ouverture n'est que passagère. Dès la fin de cette phase, la forêt se développe de nouveau, mais cette fois sous la forme d'une chênaie-hêtraie.

Avec le début de la phase TRE IV, c'est une nouvelle phase d'ouverture du milieu qui commence. Le chêne, le hêtre et le noisetier marquent un net recul. Les *Poaceae* se développent et forment de vastes prairies dans les secteurs ouverts.

Lors de la phase TRE V, le paysage connaît un léger reboisement avant de s'ouvrir à nouveau. Dans les zones forestières, la chênaie-corylaie est remplacée par une chênaie-hêtraie où le charme se développe. Dans ces boisements, on assiste à une augmentation d'*Erica* qui traduit un développement des landes sur le massif de Paimpont.

Au sommet, TRE VI se caractérise par un paysage très ouvert. La forêt recule et les chênes, hêtre et charmes sont remplacés très rapidement par de grandes étendues de landes. Les fortes fréquences d'*Erica* indiquent qu'il s'agit préférentiellement de landes rases. Elles peuvent toutefois évoluer localement en landes hautes ou fourrés, comme en témoigne la présence d'*Ulex* au niveau 34. La légère reprise du bouleau et du pin en toute fin de zone semblent également témoigner de cette évolution vers un paysage qui se referme. Ailleurs, entre les landes et les rares bosquets, ce sont les prairies de graminées qui se déploient.

2.2.4.3 L'influence de l'homme sur le milieu

Au cours de la phase TRE I, les indices d'anthropisation du milieu sont extrêmement rares. Le paysage très boisé et les quelques occurrences de rudérales observées ne permettent pas de conclure avec certitude d'une présence humaine.

L'échantillon 165 cm situé à la base de TRE II présente un léger pic de *Poaceae*. Il coïncide avec une valeur un peu plus forte des *Asteraceae* et une occurrence de *Cannabis/Humulus*. Ces indices sont très ténus. Ils pourraient toutefois témoigner de la fin d'une installation humaine. Au cours de celle-ci, un défrichement aurait eu lieu pour la mise en place de l'élevage et peut être aussi la culture du chanvre.

L'ouverture du milieu observée au cours de la phase TRE III semble toucher aussi bien la zone humide que la forêt environnante : l'aulne, le chêne et le tilleul diminuent. En parallèle, on assiste à une légère augmentation des taxons rudéraux et à l'apparition ponctuelle d'une adventice, *Rumex*, qui indiqueraient une activité agro-pastorale. Cette hypothèse est confirmée par la présence de la première céréale et l'apparition de *Fagopyrum*. La fruiticulture est également présente comme en attestent les pollens de noyer inféodés à la phase de défrichement. Cette installation humaine semble péricliter au cours de TRE IIIe. Le milieu se referme et les marqueurs d'anthropisation se raréfient.

A la phase TRE IV, la présence de populations humaines sur le massif se fait de nouveau sentir. La déforestation observée coïncide avec un développement des cultures céréalières mais également des taxons rudéraux. La pratique des activités agropastorales s'intensifie. La culture du noyer a disparu. Elle est remplacée par celle du châtaignier qui apparaît au début de cette période et s'installe sous la forme d'une courbe quasi-continue.

Malgré une reconquête forestière à son début, TRE V témoigne encore d'un paysage marqué par l'homme. Le léger recul des indices d'anthropisation en TRE Vg reflète sans

doute plus l’effet écran de la végétation ligneuse locale qu’une véritable déprise agricole. Au cours de cette période, les cultures se développent et se diversifient. Aux côtés des céréales, le blé noir et le chanvre sont cultivés.

La dernière phase du diagramme, TRE VI, est marquée par un essor important des landes, peut être liées à une exploitation intense du milieu. Dans ce milieu très ouvert, l’agriculture reste très présente. Les céréales et le blé noir sont cultivés, mais le chanvre disparaît. Dans les vergers, le noyer réapparaît ponctuellement.

2.3 Les Noës Blanches.

2.3.1 Présentation du site et stratigraphie du sondage

La tourbière des *Noës Blanches* se situe à 3.5 km à l'ouest du bourg de Paimpont et à 1 km au nord du lieu-dit Hucheloup (48°00'56''N ; 02°13'12''W). Elle se développe des deux côtés du ruisseau, sur une surface d'environ 2 ha, entre la ligne qui rejoint le *Carrefour des Noës* à *la maison de garde*, au nord, et au sud la confluence du ruisseau des *Noës blanches* avec celui de *la Grève*.

Cette tourbière est couverte d'une végétation majoritairement herbacée, principalement de la molinie. Quelques aulnes et bouleaux s'y développent toutefois, le plus souvent sur les marges où le substrat se fait plus sable et moins gorgé d'eau. A flanc de coteau une chênaie-hêtraie relativement dense constitue l'essentiel de la végétation.

Ici encore, un prélèvement manuel a été réalisé après une campagne de prospection à la tarière pédologique. 2,80 m de sédiments ont été extraits en 5 passes réalisées dans deux puits parallèles. La dernière a permis de prélever un échantillon entre 2,20 et 2,80 cm. En ce qui concerne la zone de superposition, dans un souci d'homogénéité, les échantillons prélevés pour analyse l'ont tous été dans la descente entre 1,80 et 2,40 m.

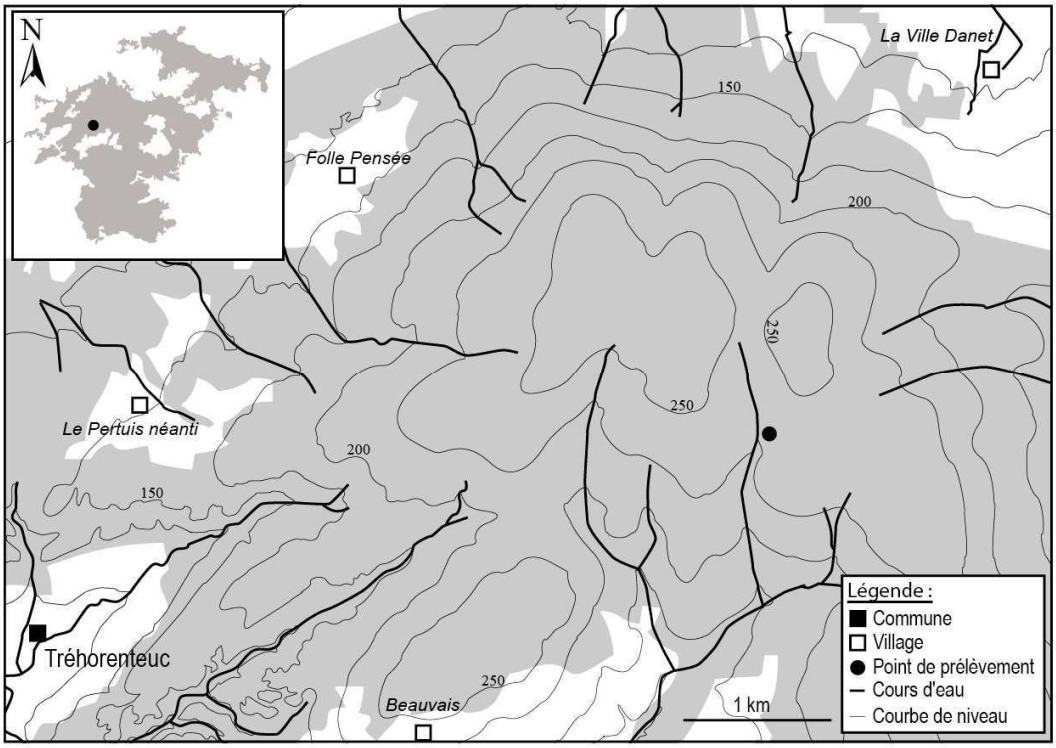


Figure 32 : Carte de localisation du sondage des Noës Blanches

Au cours de l'analyse de la séquence 15 unités stratigraphiques ont été identifiées. Elles s'organisent de la façon suivante :

Profondeur (cm)	Description
0 - 14	Tourbe noire avec quelques éléments végétaux figurés et des radicelles
14 - 32	Tourbe marron clair avec de nombreux éléments herbacés figurés
32 - 44	Tourbe brune argileuse avec quelques éléments végétaux figurés et des radicelles
44 - 48	Tourbe brune argileuse compacte avec quelques éléments végétaux figurés et quelques radicelles
48 - 70	Tourbe brune argileuse avec quelques éléments végétaux figurés et des radicelles
70 - 128	Tourbe brune avec quelques éléments végétaux figurés et des radicelles
128 - 140	Tourbe brune avec de nombreux éléments végétaux figurés
140 - 156	Tourbe brune argileuse compacte avec quelques éléments végétaux figurés
156 - 163	Tourbe brune avec de nombreux éléments végétaux figurés
163 - 179	Sédiment argileux marron avec quelques éléments végétaux
179 - 228	Sédiment argileux marron avec quelques éléments végétaux et quelques grains de sable
228 - 230	Sédiment sablo-argileux
230 - 246	Sédiment argileux marron avec quelques éléments végétaux et quelques grains de sable
246 - 258	Sédiment argileux marron clair
258 - 280	Sédiment argileux marron foncé

Tableau 5 : stratigraphie de la séquence des *Noës Blanches*

2.3.2 Les datations radiocarbones

Référence	Matériel	Type	Profondeur	Âge C14	Date cal. BP (2σ, 95%)
ULA – 1921	Tourbe	Directe	159	3030 ± 15	3330 - 3284 (28,9 %) **3272 - 3207 (63,2 %)** 3181 - 3168 (3,2 %)
ULA - 844	Bois	Directe	273-274	3775 ± 20	4235 – 4196 (22.6 %) **4184 – 4086 (72.8 %)**

Tableau 6 : résultats des datations radiocarbones sur le site des «*Noës Blanches* ». Les intervalles à plus forte probabilité figurent en gras

2.3.3 Résultats

Au cours de cette étude toutes les unités stratigraphiques ont été prélevées. Un total de 57 échantillons polliniques a été analysé et 39 353 pollens et spores identifiés, soit 690 grains de pollen par niveau en moyenne. Cette somme de base varie toutefois entre 531 et 1093 en fonction des échantillons. Le bon état de conservation du matériel sporo-pollinique a permis la différenciation de 103 types polliniques différents. Dans chaque échantillon de 24 à 48 taxons ont ainsi pu être identifiés avec une moyenne de 35 types par niveau.

Les courbes de variation des concentrations absolues montrent des variations importantes le long de la séquence, entre 36837 et 6801652 grains par gramme de sédiment sec (Figure 33). Sept phases se distinguent.

La première semble correspondre aux horizons argileux de la base de la colonne, entre les niveaux 235 et 279 cm. A l'exception de l'échantillon 245 cm, tous les niveaux ont une concentration supérieure à 170 000 grains/g. de sédiment.

La seconde zone se situe entre les échantillons 235 et 180 cm. Elle correspond à une baisse des concentrations dont les valeurs ne dépassent 100 000 grains de pollen que dans deux niveaux.

Les quinze échantillons suivants forment une troisième zone. Les concentrations y sont plus élevées. Leurs valeurs oscillent entre 516 000 et 2 millions de grains.

La quatrième est formée des échantillons 105, 100 et 95 cm. Les teneurs en pollen marquent une baisse avec la zone précédente. Elles ne dépassent pas 315 000 grains/gramme de sédiment.

La cinquième phase se situe entre les niveaux 90 et 40 cm. Elle est caractérisée par les concentrations polliniques les plus élevées de la séquence, qui atteignent jusqu'à 5 445 800 grains de pollen par gramme de sédiment sec.

Puis, les valeurs baissent à nouveau entre les échantillons 34 cm et 10 cm. Elles oscillent entre 260 000 et 445 000 grains/g.

Les deux niveaux sommitaux forment la dernière phase. Leurs concentrations augmentent à environ 1 000 000 de grains/g. de sédiment.

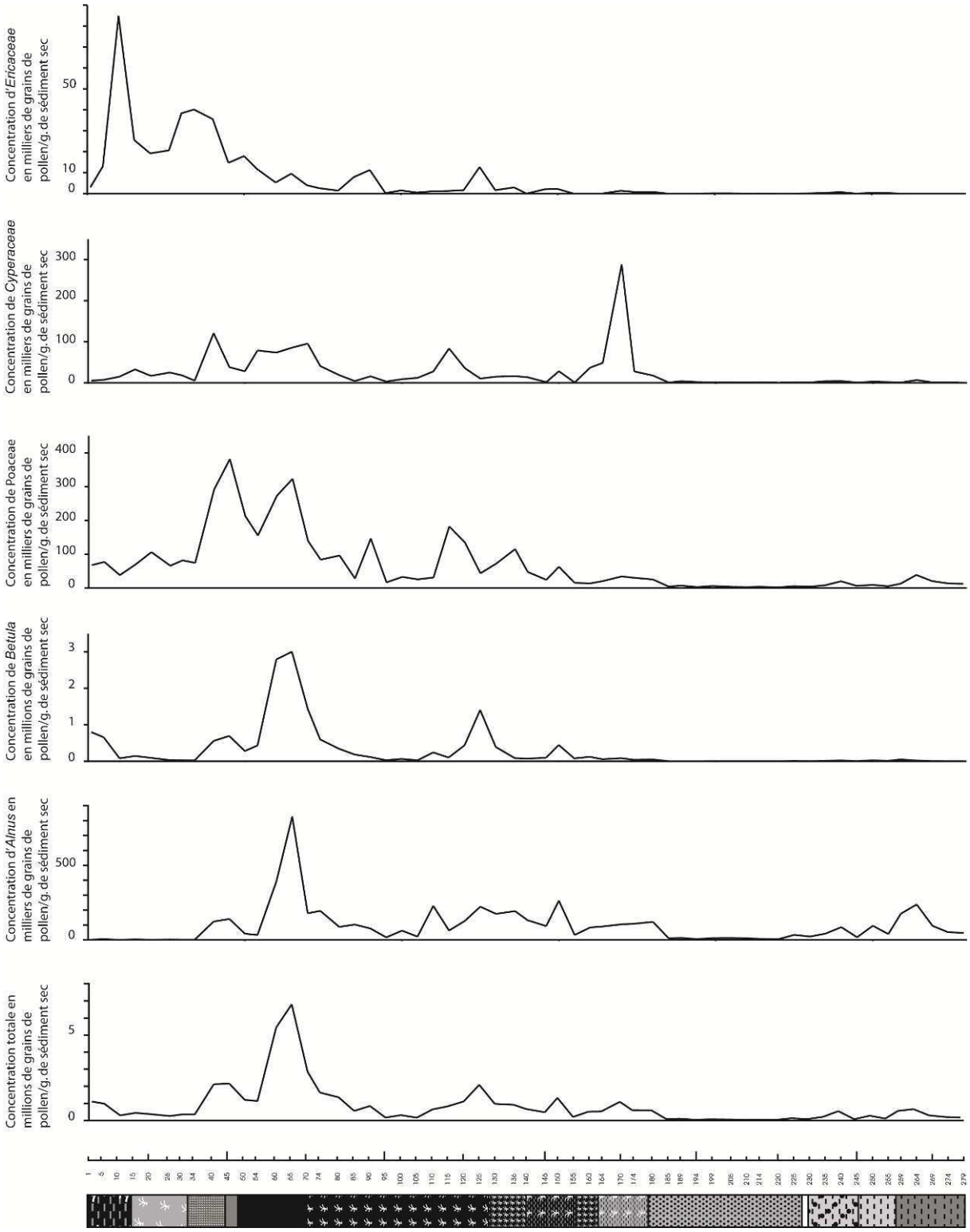


Figure 33 : Courbes de variations des concentrations absolues des principaux taxons du site des « *Noës Blanches* »

2.3.3.1 Les zones d'assemblage pollinique

L'analyse de la séquence révèle la présence de seize zones d'assemblage pollinique réparties au sein de neuf phases écologiques.

- *zone a* (280 - 259 cm)

Elle correspond à l'horizon argileux organique le plus profond. Elle se caractérise par un environnement relativement fermé (25 % de NAP), dominé à parts à peu près égales par le chêne et le noisetier (30 % chacun en moyenne). Le tilleul est également présent à hauteur de 5 % devant l'orme qui dépasse à peine le pourcent. Les ligneux hygrophiles sont bien représentés, notamment au travers d'*Alnus* qui présente des valeurs de 30 à 50 %, et le bouleau connaît une hausse en fin de zone.

Le cortège herbacé est composé essentiellement des Poacées (15 %) auxquelles s'associe un cortège de rudérales diversifié (*Plantago*, *Asteraceae*, *Cichorioideae…*). Des céréales sont présentes de façon discontinue durant toute la zone.

- *zone b* (255 - 240 cm)

Elle se différencie de la précédente notamment par la baisse de *Salix* et *Ilex* dont les taux deviennent inférieurs à 1 %. Durant cette zone, le tilleul connaît également une diminution avec des valeurs qui se réduisent de moitié entre le début et la fin de la période (de 5 à 2,5 % environ). Le bouleau qui avait cru en fin de zone *a* diminue également, tout comme l'aulne qui passe de 50 à 25 %.

Chez les herbacées, les graminées restent l'élément essentiel avec des fréquences fluctuant toujours autour de 15 %. Le cortège des rudérales demeure très diversifié et augmente même légèrement sous l'influence de *Melampyrum*. La végétation hygrophile connaît également un essor avec l'apparition stable des *Rubiaceae* et le passage des *Cyperaceae* à des valeurs de 2 à 3 %.

- *zone c* (235 - 210 cm)

Elle s'individualise par une augmentation de *Quercus*. Ses fréquences passent de 20 à 30 % et il devient le taxon majoritaire devant l'aulne et le noisetier. Le reste des taxons arborescents et arbustifs ne connaît pas de variations notables. Le milieu se referme légèrement avec des AP qui gravitent autour de 90 %.

La strate herbacée ne connaît également que peu d'évolutions quantitatives en dehors d'un léger recul de *Melampyrum*. En revanche, au cours de cette zone il se produit un retour des espèces cultivées avec la réapparition des céréales et les premières occurrences de *Fagopyrum* (le blé noir) aux niveaux 245 et 240.

- *zone d* (205 - 174 cm)

Cette zone se caractérise par un environnement toujours très fermé où le chêne occupe une place prépondérante devant *Alnus* et *Corylus*. Le saule, assez discret depuis la fin de la zone *a*, se réaffirme quelque peu avec des fréquences qui dépassent fréquemment les 2 %. Le charme fait ici sa première apparition au sein de la séquence.

Chez les taxons herbacés, les assemblages polliniques restent relativement stables. Seule la fin de la zone se démarque légèrement avec une réapparition de *Cerealia*, jusqu'alors absent de la zone, et qui s'accompagne des premières occurrences de *Cannabis/Humulus*.

- *zone e* (170 - 160 cm)

Ici, il se produit un léger recul du chêne dont les fréquences reviennent à des valeurs de l'ordre de 30 %. Le tilleul jusqu'alors présent en courbe continue présente un léger déclin avec des occurrences à moins de 1 %, tandis que le bouleau montre une dynamique d'expansion avec une courbe qui passe de 15 à 50 %. Nous pouvons également noter la première occurrence de *Castanea* au niveau 160.

Cette évolution entraîne une hausse des NAP qui atteignent 60 % à 170 cm de profondeur avant de décroître tout au long de la zone. Cette dynamique s'explique surtout par les variations du groupe des hygrophytes, dont les Cypéracées. Leur fréquence est légèrement supérieure à 40 % en début de zone puis baisse régulièrement.

- *zone f* (155 - 140 cm)

Elle se démarque de la précédente par des taux extrêmement faibles de Cypéracées. Ils ne dépassent pas les 5 % et sont même parfois inférieurs à 1 %. Malgré cette baisse, les NAP restent stables autour de 30 %, grâce à une hausse des Poacées, dont les fréquences avoisinent les 20 %. Au cours de cette zone d'assemblage pollinique les céréales ainsi que *Cannabis/Humulus* réapparaissent.

Les fréquences des taxons ligneux restent assez similaires à celles qui ont pu être observées dans la zone précédente. Seul le bouleau marque une réelle évolution avec de fortes valeurs en début de zone (50 %) mais il décroît ensuite jusqu'à 20 %.

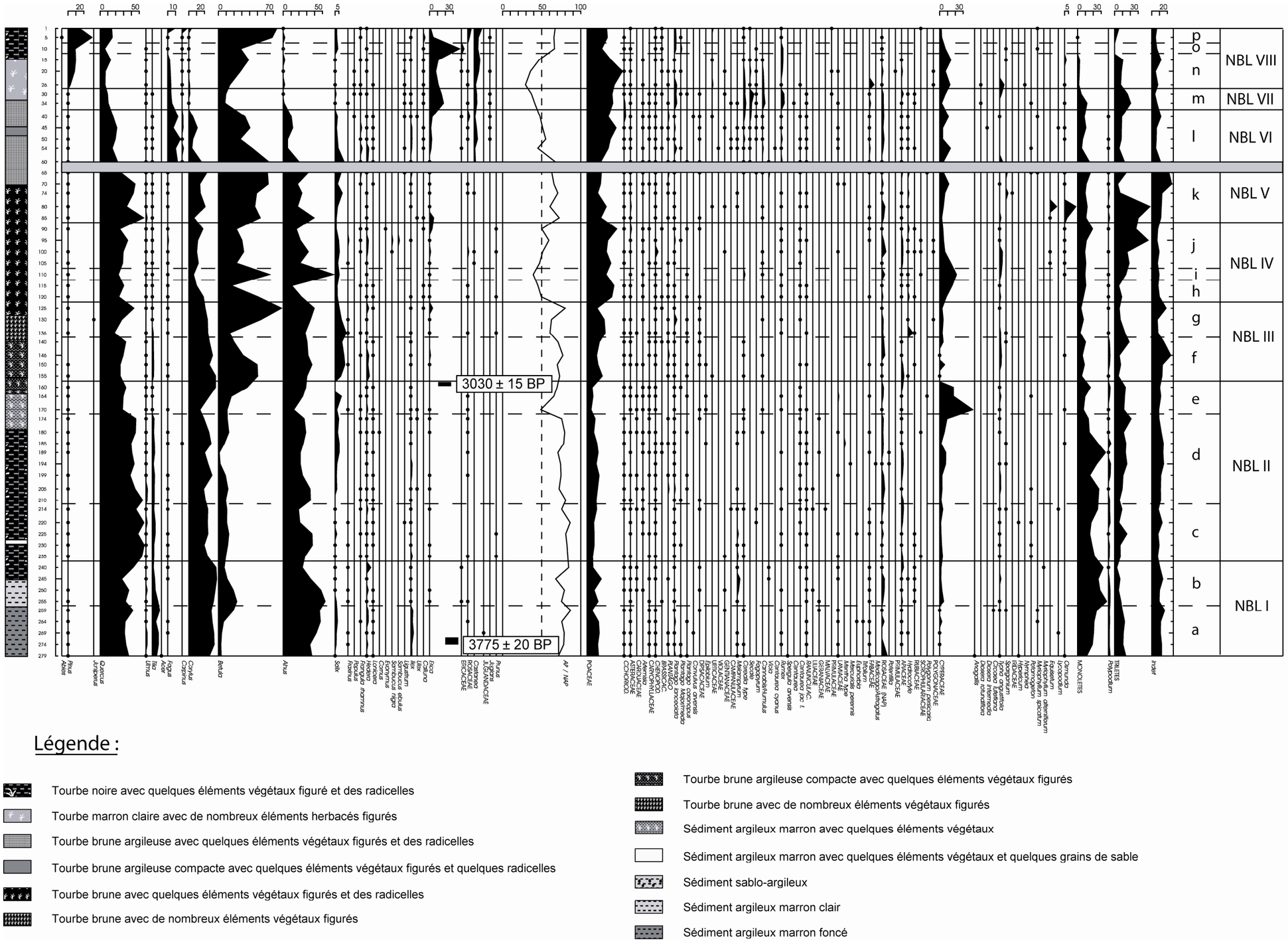


Figure 34 : diagramme pollinique du site des « *Noës Blanches* »

- *zone g* (136 - 125 cm)

Cette zone présente une légère phase d'ouverture du milieu qui se traduit par une hausse des NAP (jusqu'à 50 %) sous l'influence des *Poaceae* dont les fréquences passent de 20 à 30 %. *Plantago lancelot* connaît également un léger développement avec un pic au niveau 130. Chez les ligneux, cette ouverture correspond à une baisse du chêne en début de zone. Le bouleau, exclu de la somme de base, connaît à l'inverse une forte croissance avec des taux qui quadruplent entre les niveaux 136 et 125, passant de 20 à 80 % environ.

Cette zone est également caractérisée par l'installation du hêtre en courbe continue, même si ses valeurs ne dépassent pas 1 %.

- *zone h* (120 - 115 cm)

Elle connaît un très brusque recul de *Betula* et *Alnus* dont les fréquences passent respectivement de 80 à 20 % et de 30 à 10 %. Le chêne et le noisetier connaissent la même dynamique, mais dans des proportions moindres. Ces évolutions entraînent une hausse des NAP qui dépassent les 50 %. Elle se traduit entre autre chez les *Poaceae* et les *Cyperaceae* qui présentent des courbes croissantes tout au long de la zone.

- *zone i* (110 cm)

Cette zone ne correspond qu'au niveau 110 cm. Il s'individualise des échantillons qui l'encadrent par des pics de bouleau et d'aulne. Ces taxons qui avaient connu une très forte baisse lors de la zone *h* voient leurs fréquences multipliées par 6 à 7 pour ce seul niveau. L'aulne atteint même sa valeur la plus élevée de toute la séquence : 62 %.Un retour de *Cerealia* à un peu plus de 1 % est remarquable à ce niveau.

- *zone j* (105 - 90 cm)

Cette zone présente des assemblages polliniques très similaires à ceux qui ont été décrits pour la *h*. Le bouleau et l'aulne ont retrouvé des valeurs situées entre 20 et 30 %. Le chêne et le noisetier se stabilisent respectivement autour de 30 et 10 %, et *Castanea* apparaît ponctuellement en début de zone.

Au sein de la strate herbacée la végétation se stabilise également. Tout au long de cette zone les Poacées fluctuent autour de 25 % et les Cypéracées, après une baisse, sont relativement constantes autour de 5 %.

- *zone k* (85 - 65 cm)

Au cours de cette zone, le paysage végétal se referme légèrement avec un taux d'AP qui augmente de 15 %. Ceci s'explique par un essor du chêne dont les fréquences croissent jusqu'à 52 % de la somme de base. Localement, le bouleau montre également une dynamique de développement et voit sa présence doublée par rapport à la zone précédente. Malgré une réduction presque générale des herbacées prairiales et rudérales. La fin de zone est marquée par une réapparition de *Fagopyrum* et *Cannabis/Humulus*.

- *zone l* (60 - 40 cm)

Avec le début de cette phase, le cortège pollinique connaît une grande évolution par rapport à la période précédente. Chez les ligneux, le hêtre jusqu'alors très peu présent (rarement plus de 1 %) atteint des valeurs comprises entre 5 et 6 %, et le charme s'installe de façon continue et souvent à plus de 1 %. On assiste également à un développement pérenne des *Ericaceae* et de C*astanea*. Le noyer fait même son apparition. Mais ces hausses ne suffisent pas à contrebalancer le recul d'autres arbres comme le chêne, le noisetier et l'aulne, ce qui entraîne une baisse générale des AP.

Cette dernière se traduit chez les herbacées par une nette augmentation des *Poaceae* qui participent jusqu'à 30 % au cortège pollinique. Les rudérales restent très diversifiées et accompagnent les taxons cultivés qui s'installent durablement, dont le seigle qui apparaît ici pour la première fois.

- *zone m* (34 - 30 cm)

Elle correspond aux échantillons 30 et 34 cm. *Erica* y marque une nette expansion avec des valeurs qui passent de 5 à 20 %, tandis que plusieurs espèces arborescentes diminuent très nettement ; comme *Quercus* et *Fagus*. Notons également le quasi disparition de Corylus, *Alnus* ou encore *Salix*.

Malgré des fréquences peu variables des Poacées et des Cypéracées, le milieu continue de s'ouvrir comme l'indique la hausse légère des NAP. Elle s'explique surtout par un essor des taxons cultivés. *Cerealia*, *Secale* et *Cannabis/Humulus* ont tous des fréquences supérieures à 1 %. Ils sont accompagnés par *Fagopyrum*, plus discret mais présent également en continu. Les rudérales sont encore une fois très diversifiées et leur développement est visible surtout grâce à l'accroissement de *Rumex* et *Plantago lanceolata*.

- *zone n* (26 - 15 cm)

Il s'agit de la zone du diagramme qui possède le plus fort taux de NAP avec un maximum de 66 % à 26 cm. Les graminées s'y développent pendant la première moitié avant de connaître un léger recul, tout comme *Rumex* et le groupe des espèces cultivées.

Chez les ligneux, le pin est le taxon marqueur de cette zone. Présent de façon faible tout au long du diagramme, il connaît ici un développement remarquable avec des fréquences qui atteignent très rapidement 10 %. Le bouleau croît également passant de 15 à 37 %, et le châtaigner continue de s'implanter dans le paysage comme le montre ses fréquences qui doublent au cours de la zone. Les autres taxons, dont les Ericacées, le hêtre et le chêne sont en léger déclin, et leurs fréquences ne dépassent jamais 10 %. Le tilleul disparaît du diagramme.

- *zone o* (10 cm)

Cette phase n'est visible que sur le niveau 10 cm. Elle s'individualise surtout à cause de la présence d'un brusque essor de la bruyère dont la fréquence triple. On y assiste toutefois également à un léger retrait de *Fagus* qui ne présente plus de valeurs inférieures à 1 %.

Chez les herbacées, les graminées subissent un recul très net avec des taux qui sont divisés par 2 par rapport à la phase précédente. Plusieurs taxons cultivés disparaissent, et seul le *Fagopyrum* reste visible.

- *zone p* (5 - 1 cm)

Elle correspond à l'unité stratigraphique sommitale du prélèvement et se caractérise par un net recul d'*Erica* qui passe de 40 à 5 % tandis que le pin, bien présent depuis deux zones, se développe fortement avec une fréquence qui atteint plus de 30 % au niveau 5 cm. Le bouleau connaît aussi une phase d'expansion et atteint des valeurs de plus de 70 %. D'autres taxons ligneux, tels que le hêtre, le charme et les rosacées, croissent également mais dans des proportions moindres. L'orme disparaît.

Le taux de NAP reste relativement stable entre 30 et 40 %, ce qui décrit assez bien la faible évolution du cortège des herbacées. Seule une réapparition des céréales, dont le seigle, est notable. Elle coïncide avec une disparition du blé noir qui était présent en continu dans le diagramme depuis le niveau 50.

2.3.3.2 Les phases écologiques

Huit phases écologiques regroupant de 1 à 3 zones d'assemblage pollinique permettent de décrire les variations des formations végétales régionales.

La phase NBL I est construite à partir des deux premières zones du diagramme. Elle possède des cortèges polliniques riches en pollen d'arbres (environ 85 %) où le chêne et le noisetier dominent à parts à peu près égales aux alentours de 30 %. Le tilleul s'y associe à hauteur de 5 à 6 %. Le cortège des herbacées est constitué en majorité de *Poaceae.* On note également la présence de quelques pollens de céréales dans la première partie NBL Ia.

Les zones *c*, *d* et *e* sont regroupées dans NBL II. Cette dernière débute lorsque les courbes de *Quercus* et *Corylus* se sépare : le chêne augmente nettement alors que le noisetier décroît assez sensiblement pour atteindre 20 % environ. Le tilleul baisse également et ses fréquences diminuent de moitié par rapport à la phase précédente. Il devient ponctuel dans la dernière zone. En parallèle, les Poacées connaissent également un léger déclin.

NBL III correspond à la fusion des zones *f* et *g*. Elle se caractérise par une augmentation des graminées qui atteignent de nouveau près de 20 %. Dans le même temps, le chêne décroît pour retrouver des valeurs de l'ordre de 30 %. Après une légère réapparition, le tilleul s'estompe tandis que le hêtre s'installe en continu.

NBL IV regroupe les trois zones d'assemblage pollinique *h*, *i* et *j*. Elle se démarque de la phase précédente suite à une nouvelle augmentation des Poacées, dont les fréquences fluctuent maintenant autour de 30 %. Le chêne et le noisetier connaissent une baisse tout comme les ligneux de la zone humide, même si *Alnus* et *Betula* affichent un pic au niveau 110 cm.

Seule la zone *k* forme la phase écologique NBL V. Au cours cette période, le chêne et le bouleau voient leurs fréquences doublées par rapport à la phase précédente, passant de 20 à 40 %, et même 50 pour *Betula* en fin de zone. Face à cette croissance le cortège des herbacées décline. On assiste principalement à un recul des graminées.

La description de NBL VI s'appuie uniquement sur la ZAP *l*. Elle se caractérise par un nouveau recul des principaux ligneux, sauf le hêtre qui connaît un très fort développement. Très discret depuis la base, il atteint maintenant des fréquences comprises en 5 et 10 %, atteignant son maximum du diagramme. La bruyère et le noisetier s'installent et prennent la forme de courbes continues. Les Poacées augmentent légèrement. Le seigle et le blé noir s'installent de façon pérenne au côté des autres espèces cultivées.

NBL VII correspond à la une seule zone : *m*. Son assemblage pollinique connaît une réduction des arbres : chêne, hêtre, noisetier mais aussi bouleau et aulne décroissent. Cette baisse profite à *Erica* dont les fréquences sont maintenant d'une dizaine de pourcents. La présence des taxons cultivés s'intensifie et atteint son maximum, comme les adventices et les rudérales.

NBL VIII est formée par regroupement des phases *n* à *p*. Sa caractéristique principale est le développement de *Pinus*. Présent de façon discrète mais quasi-continue depuis le début de la séquence, il connaît ici un essor important et atteint sa valeur maximale de 25 %. Malgré un pic au cours de la zone *o*, la courbe d'*Erica* tend à décroître tout au long de cette zone pour ne dépasser que très difficilement 1 % dans le dernier niveau de la séquence. Le hêtre diminue également, mais au dernier niveau il marque une légère reprise ainsi que le charme et le noisetier.

2.3.4 Interprétation

2.3.4.1 La végétation locale

A la base du diagramme, le cortège pollinique témoigne de la présence d'un ruisseau peu puissant. Dans son cours, se trouvent quelques myriophylles. Le long de ses rives, de petites roselières à *Typha angustifolia* se développent. Lorsque le niveau d'eau est encore assez élevé (une vingtaine de centimètre) il abrite quelques plants de rubanier émergé. Sur les places les moins inondées ce sont les carex qui s'installent. Un boisement clair à aulnes et bouleaux forme la ripisylve.

Au cours de la phase NBL II, on assiste d'abord à une baisse du niveau d'eau en NBL IIc et NBL IId. Les plantes aquatiques disparaissent et la typhaie s'accroît. Autour, les conditions hydriques ne semblent pas variées énormément. Les laîches restent assez stables ainsi que l'ensemble des autres taxons paludicoles. Au cours de la dernière zone, on assiste à un nouvel assèchement des conditions locales. Il permet un essor des Cypéracées. La présence d'un pollen de myriophylle suggère la persistance d'un cours d'eau. Cette baisse des conditions hydriques peut alors être liée à une divagation du ruisseau dans cette vallée peu encaissée.

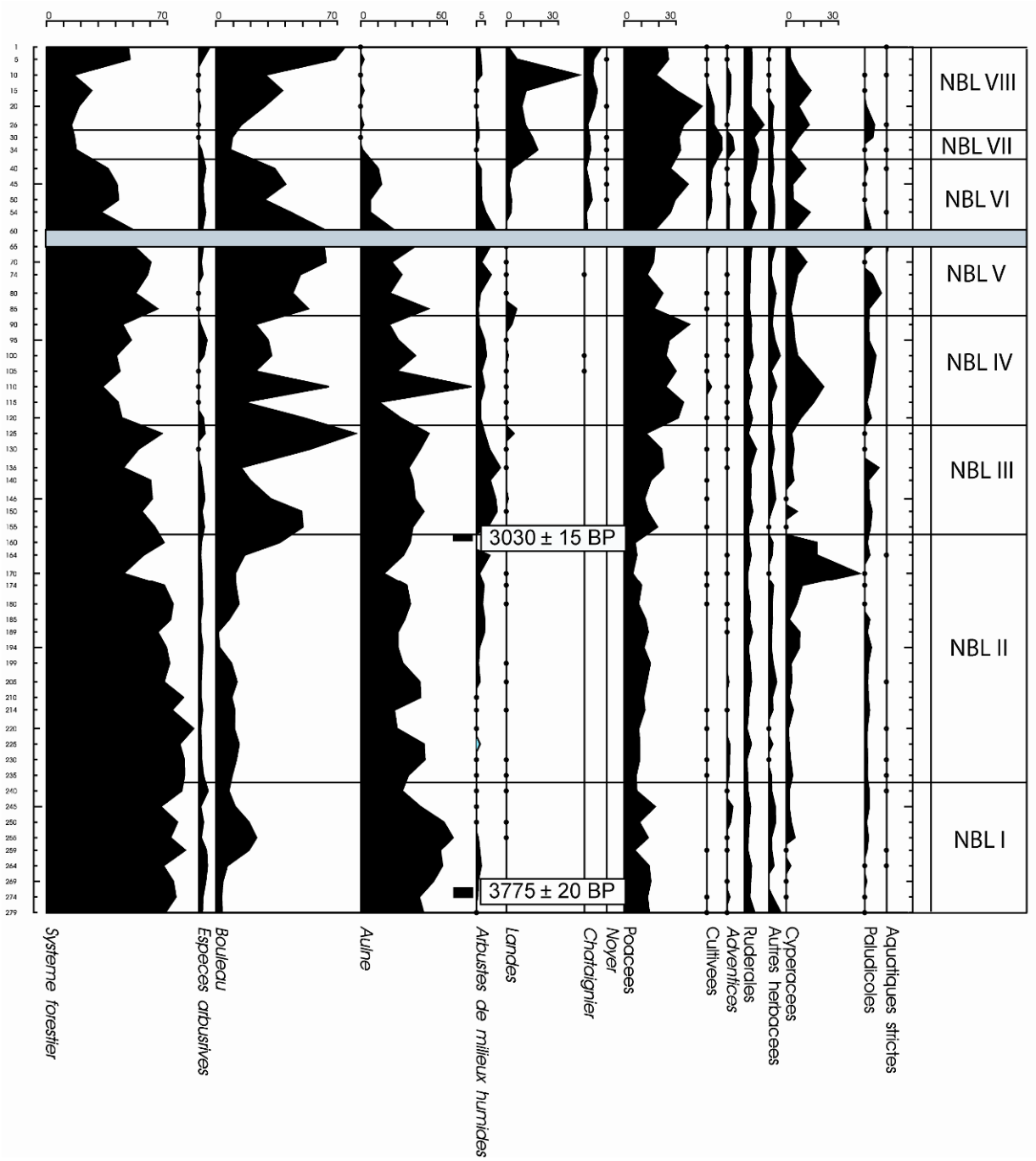


Figure 35 : diagramme pollinique simplifié du site des « *Noës Blanches* »

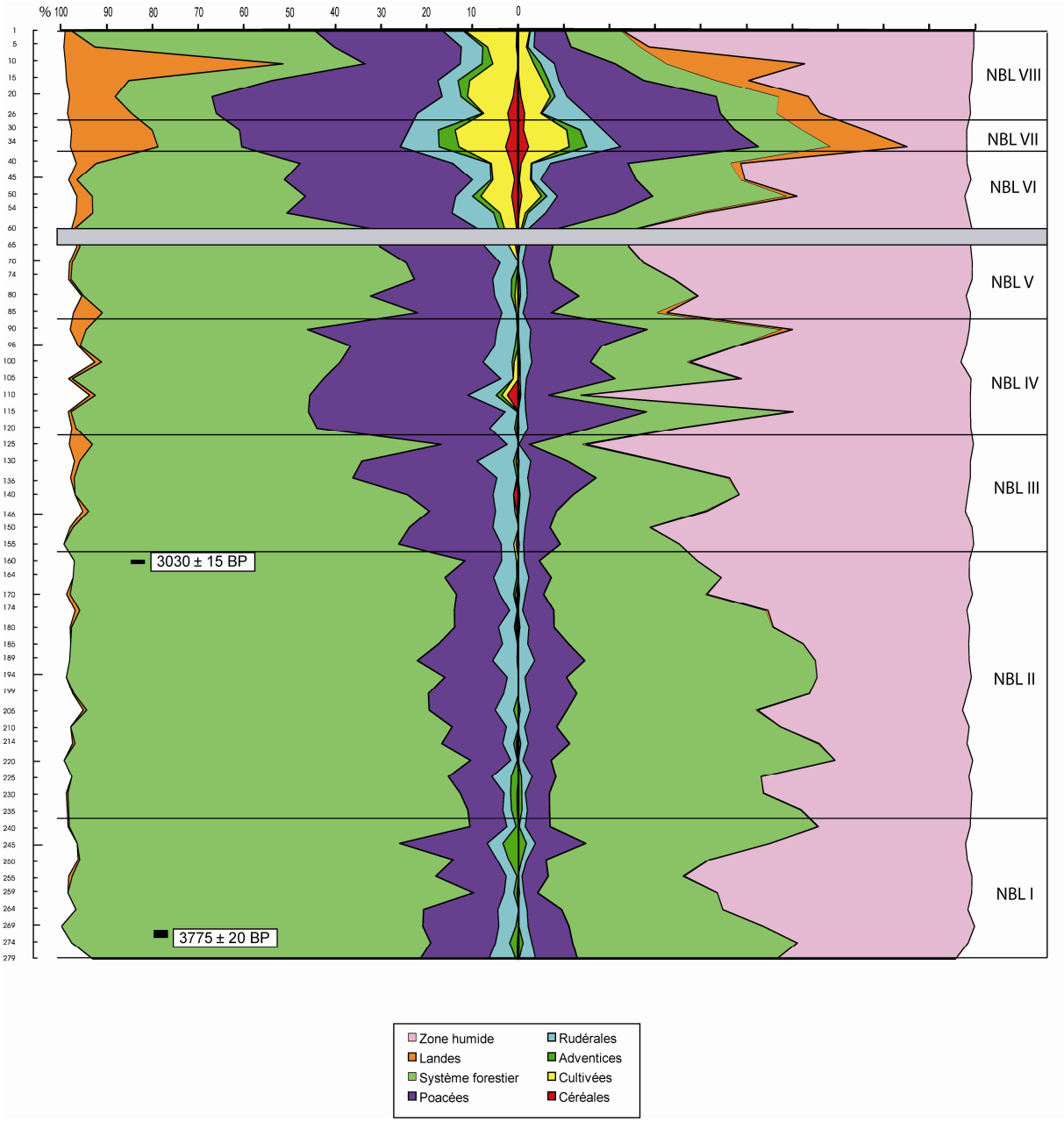


Figure 36 : diagramme Société/Végétation du site des « *Noës Blanches* »

La phase NBL III connaît un retour à des conditions hydriques plus prononcées. Elles permettent un léger redéploiement de la typhaie alors que la cariçaie connaît un net déclin. Là où la zone humide n'est pas ennoyée l'aulne et le bouleau sont présents. Ce dernier connaît même deux périodes d'essor rapide en début et fin de phase. Le saule les accompagne. Il se développe légèrement.

Au cours de NBL IV la végétation locale connaît peu de changement par rapport à la phase précédente. On note seulement un léger développement des carex en début de période. Lorsque la lame d'eau se fait plus haute une mégaphorbiaie s'installe. Au niveau de la ripisylve, le bouleau et l'aulne sont légèrement plus rares malgré la présence d'un pic au niveau 110 cm.

Au niveau local, NBL V traduit seulement un changement dans la composition de la végétation ligneuse. Le bouleau se développe sur la zone humide. Il devient l'espèce majoritaire de la ripisylve devant l'aulne qui reste table.

NBL VI montre une réapparition du ruisseau. L'arrivée d'un niveau d'eau plus élevé et d'un débit légèrement plus rapide entraîne une disparition presque totale de la roselière à *Typha*. A la place, les taxons aquatiques reparaissent : *Myriophyllum* et *Potamogeton* sont de nouveaux perçus. Sur les rives, les ligneux hygrophiles déclinent. Les Ericacées se développent légèrement marquant l'installation de landes humides.

Au cours de la phase NBL VII, la végétation herbacée de la zone humide ne connaît pas variation importante. En revanche, la strate arborescente diminue fortement. L'aulne et le saule disparaissent presque totalement. Le bouleau diminue très nettement. Cette ouverture entraîne un très important développement des landes humides visible par l'augmentation d'*Erica*.

Pendant les trois quarts de NBL VIII la végétation locale reste dominée par la lande humide. Un pic de *Typha* en début de phase indique une brève réapparition de la mégaphorbiaie. Le bouleau, d'abord rare, se développe progressivement pendant cette période pour devenir le taxon dominant en NBL VIIIp. Les landes s'estompent alors.

2.3.4.2 La végétation régionale

A la base du diagramme, les assemblages polliniques de la phase NBL I correspondent à un paysage relativement fermé. Une forêt assez claire, composée principalement de chênes et de noisetiers, domine. Des tilleuls et quelques ormes s'y développent. Dans les secteurs les

plus densément boisés le hêtre, espèce dryade, trouve quelque place où s'installer. Dans les sous-bois la végétation arbustive est formée principalement de houx, qu'accompagnent quelques rosacées ligneuses telles que le poirier sauvage ou le prunellier. Depuis le sol, lierre et chèvrefeuille grimpent le long des arbres. Régulièrement des zones plus claires percent la canopée. Au sol des prairies à graminées s'étendent.

Avec le commencement de la phase NBL II, la forêt se densifie. Le chêne se développe au détriment noisetier. La plus forte concurrence pour l'accès à la lumière entraîne également un recul du tilleul. Le hêtre est toujours présent de façon discrète. En de rares stations, le charme s'installe. Mais au cours de cette phase, ce n'est pas seulement la forêt qui se referme, c'est l'ensemble du paysage reboise. Les surfaces occupées par les prairies se réduisent.

La phase suivante, NBL III, caractérise une période d'ouverture du milieu. La légère hausse du noisetier traduit la présence d'un couvert forestier qui se fait moins dense. De plus, la forêt recule libérant de nouveaux espaces où se développent les Poacées. Les landes basses à Ericacées se développent. Leur signal, toujours discret, est désormais présent dans tous les niveaux.

Pendant NBL IV le paysage continue de s'ouvrir, les prairies s'étendent. Le chêne s'estompe à peine tandis que le noisetier marque un recul plus franc. Le tilleul assez présent jusqu'à maintenant disparaît presque totalement de la chênaie, à l'inverse du hêtre en légère progression. Sa présence est visible tout au long de la phase.

La phase suivante, NBL V, est une période de reconquête forestière marquée par un développement du chêne. Les autres espèces arborescentes conservent un rôle assez discret dans cette chênaie caducifoliée. Hors de la forêt, les prairies dominent. Par endroit les landes se développent.

Malgré l'ouverture du paysage qui caractérise NBL VI, le hêtre, le plus souvent inféodé aux forêts denses, connaît un développement important. Il tient désormais une place presque équivalente à celle du chêne dans les boisements, au détriment du noisetier qui décline.

NBL VII correspond à une période au paysage très dégagé. Les arbres se font de plus en plus rares : le nombre de chênes et hêtres baisse et le noisetier disparaît presque totalement. A la place de la forêt, la lande s'installe. Les Ericacées qui s'affirmaient précédemment occupent désormais des secteurs de plus en plus en plus étendus, là où la forêt libère de nouveaux espaces. Dans les zones au paysage déjà ouvert, les prairies à Poacées se maintiennent.

Au sommet du diagramme NBL VIII traduit une dynamique de fermeture du paysage. Le pin très discret tout au long du diagramme se développe ici de manière très importante, tout comme le bouleau.

2.3.4.3 L'influence de l'homme sur le milieu

Pendant la phase NBL I, le paysage, bien que très boisé, présente des zones d'ouverture où des prairies se développent (environ 12 % de Poacées en moyenne au cours de cette phase). Dans ces clairières plus ou moins étendues, des populations humaines s'installent. La présence de pollens de céréales dans 3 niveaux témoigne de leur pratique de l'agriculture. On observe également à cette période un cortège de rudérales assez diversifié (une quinzaine de taxons) qui semble indiquer la pratique de l'élevage. On note notamment la présence régulière du plantain lancéolé qui pousse préférentiellement dans les pâtures humides.

Malgré une dynamique de reconquête forestière, NBL II témoigne du maintien de populations sur le massif. La présence de pollen de céréales ainsi que deux occurrences de blé noir (*Fagopyrum esculentum*) atteste d'une pratique de l'agriculture. Les deux pollens de *Cannabis/Humulus* observés dans les niveaux 170 et 180 semblent également indiquer une culture du chanvre. Ces cultures sont sans doute associées l'élevage qui se traduit par le maintient de la quantité et de la diversité du cortège des rudérales. En toute fin de période, on assiste à l'apparition très ponctuelle du châtaignier (*Castanea sativa*) qui pourrait traduire les débuts de la fruiticulture.

Au début de NBL III, le paysage s'ouvre. Les prairies s'étendent. Cette dynamique correspond probablement à une phase de déforestation par les populations pour accroître les terrains agricoles. Sur ceux-ci, elles cultivent les céréales mais sans doute également le chanvre. Une légère intensification des rudérales confirme cette hausse de l'anthropisation.

Malgré une nouvelle ouverture du milieu dès le début de NBL IV, cette phase marque un recul général des indices d'anthropisation. Les céréales sont presque absentes et les rares pollens de *Cannabis/Humulus* peuvent aussi bien correspondre au chanvre qu'au houblon sauvage qui pousse sur les zones humides. De la même façon, on assiste ici à un léger recul des rudérales. Seule la présence du châtaignier dans les échantillons 106 et 100 pourrait témoigner du maintien de populations.

Cette dynamique de déprise anthropique sur le territoire se confirme au cours de la phase NBL V. Les zones prairiales diminuent alors que la chênaie se développe. Les espèces

cultivées sont absentes du diagramme. Seul un pollen de *Castanea* pourrait témoigner d'une présence humaine, à moins qu'il ne provienne d'un plant redevenu sauvage.

Au cours de NBL VI, le paysage s'ouvre de nouveau. Le recul de la chênaie profite aux prairies et aux zones cultivées. Parmi les céréales cultivées, on note la présence du seigle. Elles sont associées à la culture du blé noir et à celle du chanvre, pour ses fibres. La hausse légère des rudérales indique aussi une plus grande anthropisation du milieu, notamment avec la reprise des activités pastorales. La fruiticultures connaît elle aussi un essor avec le développement du châtaignier mais également celui du noyer. Les plus nombreuses occurrences de pollen de Rosacées ligneuses pourraient elles aussi témoigner de cette fruiticulture. Elles peuvent correspondre à des pollens de pommiers ou de poiriers. La présence d'*Ericaceae,* sous la forme d'une courbe continue, indique le développement des landes, sans doute à la suite d'une intensification de cette exploitation du milieu.

Avec les fréquences de taxons cultivés et d'adventices les plus élevées de la séquence, NBL VII témoigne d'une forte anthropisation du milieu. Le recul de la chênaie-hêtraie profite aux landes et aux prairies à Poacées. Dans les zones déboisées, la culture du chanvre côtoie celles des céréales et du blé noir. L'augmentation des rudérales suggère également une intensification des pratiques pastorales, notamment dans les prairies humides, ce qui entraîne la hausse de *Plantago lanceolata*.

NBL VIII présente un taux d'AP croissant qui suggère, au premier abord, un recul de l'implantation humaine sur le massif. De même, au cours de cette phase, la fréquence des plantes cultivées diminue, le taux de rudérales décline ainsi que la présence du noyer. Seule la hausse du pourcentage de châtaignier pourrait indiquer un maintien de la fruiticulture. Cette réduction des indices d'anthropisation va de paire avec un accroissement des Ericacées qui témoigne du développement des landes, peut-être sur des secteurs de déprise agricole. Toutefois, NBL VIII décrit également une hausse du pin sur le massif de Paimpont. Cette dynamique correspond aux plantations de résineux qui ont eu lieu au cours de la seconde moitié du XIXème siècle. Il s'agit donc d'une mise en culture de la forêt. De plus, avec l'augmentation des arbres sur le massif, une réduction des indices d'anthropisation peut se produire. Elle est due à l'apparition d'un effet d'écran, notamment au sein de la zone humide où le bouleau se développe très fortement.

2.4 Le Gué Mony

2.4.1 Présentation du site et stratigraphie du sondage

Sise à 3 km à l'ouest de celle des *Noës Blanches,* cette tourbière est la plus occidentale de nos points de prélèvement (48°01'01'' N ; 02°14'49'' W). Elle se développe à la source du ruisseau du *Gué Mony* sur une surface de 1000 m² environ.

Comme les trois autres sites, elle présente une végétation relativement ouverte où quelques bouleaux ombragent une strate richement fournie en fougère aigle et molinie. Sur le reste des parcelles, la forêt est composée pour l'essentiel de résineux dont la répartition homogène ne laisse pas de doute sur leur plantation.

Le sondage a été réalisé à l'aide d'une tarière mécanisée de type GIK suite à différents tests visant à identifier le secteur le plus propice. Le carottage a été effectué dans deux puits parallèles proches avec une zone de recouvrement afin de mieux corréler les séquences à partir de leur stratigraphie. 2,25 m de sédiment ont pu être récoltés avant de butter sur le niveau d'argile rosé riche en grès et schistes qui composent le substrat.

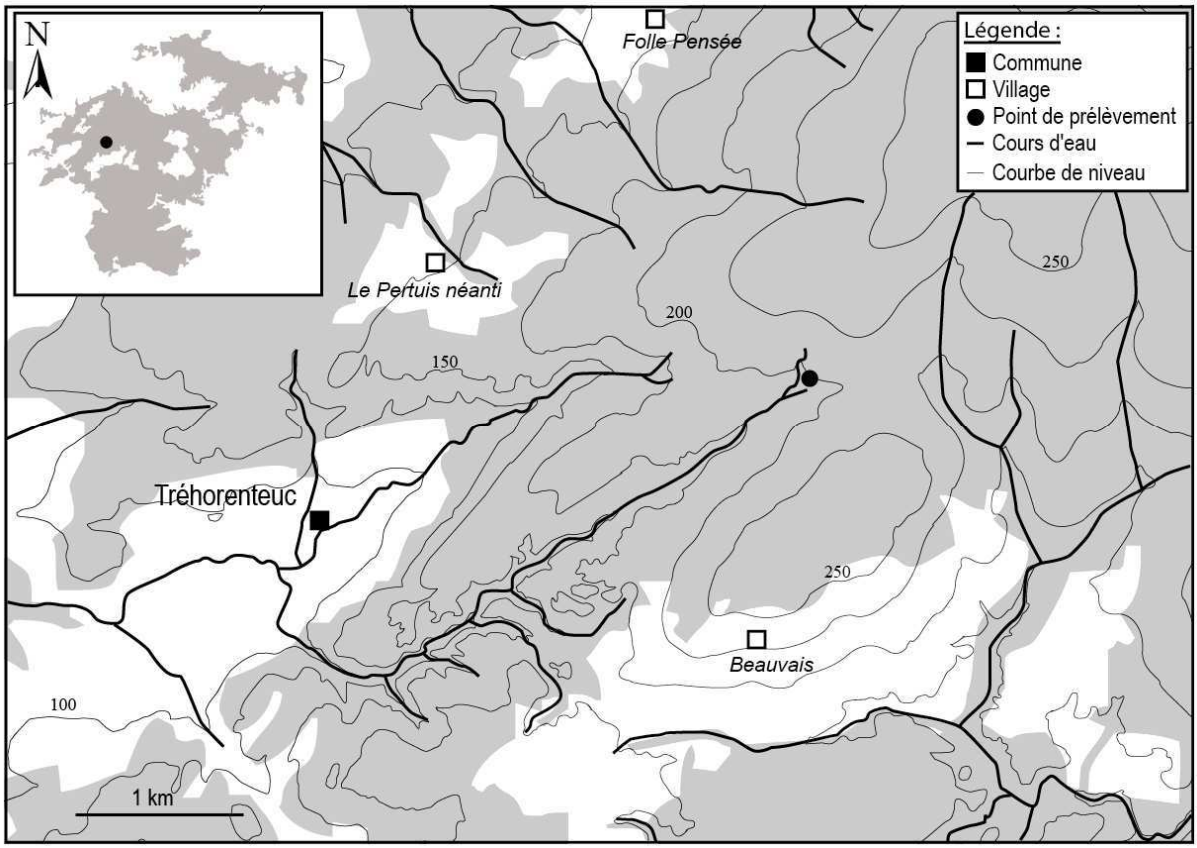


Figure 37 : carte de localisation du site du *Gué Mony*

18 unités stratigraphiques ont été identifiées tout au long des 2,25 m de sédiment de la séquence. Leur description figure dans le tableau ci-dessous (Tableau 7).

Profondeur (cm)	Description
0 - 7	Humus
7 - 12	Humus compact
12 - 24	Tourbe marron compacte
24 - 32	Tourbe noire compacte
32 - 38	Tourbe marron
38 -59	Tourbe marron foncé
59 - 60	Tourbe noire avec de nombreux éléments végétaux figurés
60 - 66	Tourbe marron avec de nombreux éléments végétaux figurés
66 - 67	Tourbe noire avec de nombreux éléments végétaux figurés
67 - 76	Tourbe marron peu compact avec de nombreux éléments végétaux figurés de taille réduite
76 - 155	Tourbe marron peu compact avec de nombreux éléments végétaux figurés de grande taille
155 - 163	Tourbe noire
163 - 169	Tourbe noire avec de nombreux éléments végétaux figurés
169 - 195	Argile marron grise
195 - 202	Argile gris-noir
202 - 206	Argile marron grise avec quelques éléments sableux
206 - 214	Argile grise sablonneuse
214 - 225	Sédiment sablo-argileux avec quelques éléments gréseux centimétriques

Tableau 7 : stratigraphie de la séquence du *Gué Mony*

2.4.2 Les datations radiocarbones

Référence	Matériel	Type	Profondeur	Âge C14	Date cal. BP (2σ, 95%)
ULA - 1917	Tourbe	Directe	56-57	2385 ± 20	**2466 - 2346 (95,4 %)**
ULA - 852	Bois	Directe	138 – 140	3645 ± 30	**4083 – 4030 (20 %)** **4010 – 3875 (75.4 %)**

Tableau 8 : résultats des datations radiocarbones sur le site du «*Gué Mony* ». Les intervalles à plus forte probabilité figurent en gras

2.4.3 Résultats

Cette étude pollinique repose sur l'analyse de 46 échantillons prélevés dans toutes les unités stratigraphiques, à l'exception de l'horizon de tourbe noire avec de nombreux éléments végétaux figurés située à 59 cm de profondeur et le niveau d'argile marron grise avec quelques éléments sableux compris entre 202 et 206 cm de profondeur. Cet échantillonnage a été réalisé de façon homogène tout au long de la séquence avec un pas moyen de 4,96 cm lié à un écart entre deux échantillons compris entre 4 et 6cm. Au total, 33774 pollens et spores ont été comptés avec pour chaque échantillon une somme variant entre 450 et 1610 individus, après exclusion des échantillons stériles 215cm et 220cm. Au cours de cette analyse, 85 types polliniques ont été identifiés et fournissent une diversité variant de 17 à 53 taxons par échantillon.

Les concentrations absolues montrent de grandes variations le long de la séquence. Elles varient de 0 à 3 351 087 grains de pollens/g. de sédiment sec. Cinq grandes phases se distinguent dans l'évolution de ces concentrations absolues. Une montre une correspondance avec le dépôt argileux de la base de la colonne tandis que les autres ne semblent pas liées aux variations stratigraphiques.

La première phase se situe à la base du diagramme, du niveau 170 au 224. Presque tous les échantillons présentent un faible contenu pollinique avec généralement moins de 100 000 grains de pollen/g. de sédiment sec. Seul le niveau 175 possède une concentration un peu plus forte avec 138 549 grains de pollen.

La deuxième zone présente des concentrations plus élevées et plus fluctuantes. La moyenne est de 317 801 grains de pollen/g. de sédiment sec mais masque des variations comprises entre 47 000 et 1 044 000. Elle couvre les niveaux 90 à 165.

La suivante présente une diminution des concentrations absolues. Elles sont toutes inférieures à 300 000 grains de pollen/g. de sédiments et atteignent même, au minimum, 26 639 dans l'échantillon 85 cm.

La quatrième phase se situe entre les niveaux 46 et 60cm. Elle réunit les échantillons aux plus fortes concentrations. Elles sont toutes supérieures à 750 000 et un pic à plus de 3,3 millions de grains de pollen/g. de sédiment sec est présent dans l'échantillon 54cm. Cette hausse de la concentration semble due à l'ensemble des taxons et se retrouve sur les graphes de tous les taxons principaux (Figure 38).

La dernière phase de concentration pollinique correspond aux 9 niveaux sommitaux de la séquence. Les concentrations y sont plus faibles avec des valeurs comprises entre 71 000 et 833 000 grain/g.

2.4.3.1 Les zones d'assemblage pollinique

Quinze zones d'assemblages polliniques réparties en 5 phases écologiques se distinguent sur le diagramme.

- *zone a* (224 - 210 cm)

Située à la base du prélèvement, elle couvre une quinzaine de centimètres, soit approximativement les deux couches sédimentaires du début de séquence. Les niveaux 210 et 224 cm ont livré un contenu sporopollinique en bon état alors que les échantillons intermédiaires (215 et 220 cm) se sont révélés stériles.

En ce début de séquence, la végétation autour du Gué Mony est dominée par le noisetier (40 %) et le chêne (25 %). Ces ligneux sont accompagnés du tilleul qui atteint des valeurs de l'ordre de 10 %. Sur la zone humide, le bouleau et l'aulne montre une légère décroissance, leur taux étant divisé par 2 à 3 entre les échantillons des niveaux 224 et 210 cm.

Avec une fréquence de 10 %, les *Poaceae* sont les principales contributrices à la courbe des NAP (15 % en début de zone). Les graminées sont associées à un spectre de taxons herbacés relativement peu diversifié (7 à 9 taxons seulement).

- *zone b* (206 - 195 cm)

Elle se démarque de la précédente par une réduction importante des NAP. De 15 %, ils atteignent désormais des valeurs de moins de 5 %. Cette variation s'explique par le recul des *Poaceae* dont les fréquences avoisinent 1 %. Les autres herbacées restent peu nombreuses et peu variées avec une diversité moyenne de 7 taxons, presque tous présents à moins de 1 %. Seules les *Cyperaceae* restent stables autour de 5 %.

Le cortège des ligneux ne marque également que peu d'évolution. Mis à part le chêne qui augmente de près de 10 %, les différents taxons présentent des valeurs similaires à celles observées en zone *a*.

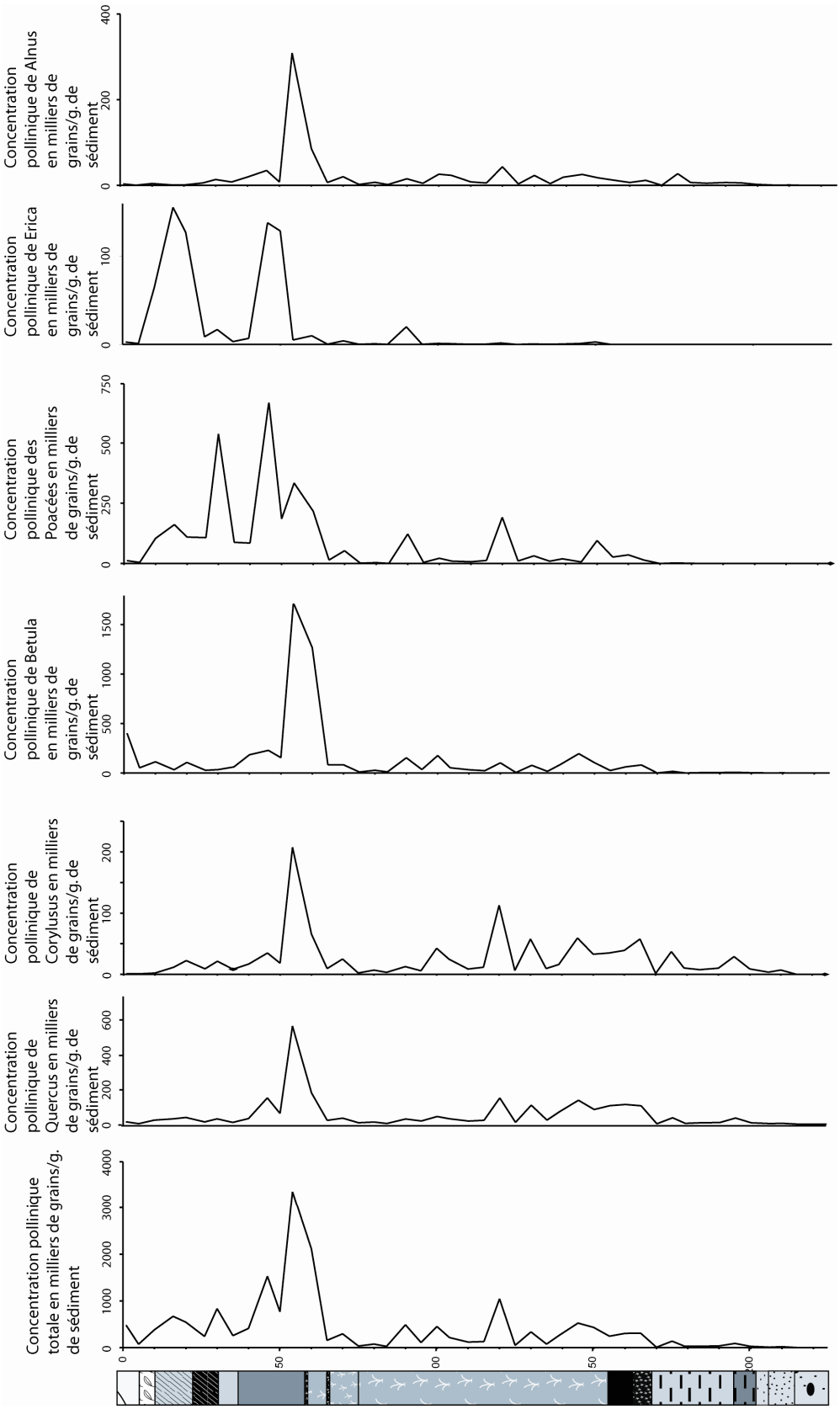


Figure 38 : Courbes de variations des concentrations absolues des principaux taxons du site du « *Gue Mony* »

- *zone c* (190 - 170 cm)

Elle correspond au niveau d'argile marron-gris qui se développe entre 169 et 195 cm de profondeur. Le paysage y reste relativement fermé avec un taux d'AP qui oscille entre 90 et 95 % et une faible diversité des herbacées. Seul le niveau 170 diffère un peu. La diversité y est de 13 taxons, grâce à l'apparition, entre autres, de *Fagopyrum* et *Cannabis/Humulus*.

La végétation ligneuse reste dominée par le noisetier, malgré sa tendance à la baisse. Il s'accompagne toujours de *Quercus* et *Tilia* à des valeurs respectives de 40 et 10 %. L'aulne connaît ici une légère expansion avec des valeurs d'une vingtaine de pourcents, à son maximum dans la séquence. Le lierre et le houx se développent également, présentant des courbes continues régulièrement supérieures à 1 %.

- *zone d* (165 - 150 cm)

Au cours de cette zone, le paysage s'ouvre. Les NAP atteignent 50 % en fin de zone. Cette augmentation résulte d'un accroissement des taxons herbacés déjà présents (*Poaceae*, *Rosaceae*, *Cyperaceae*…), mais également par une hausse de la diversité. Les céréales font leur première apparition.

Chez les arbres et les arbustes, cette variation se traduit par le recul de deux taxons : *Corylus* dont la fréquence passe de 30 à 12 % et le tilleul qui n'atteint plus que difficilement 1 %. Le chêne reste relativement stable, si l'on excepte le niveau 150, où un recul de sa représentation est visible. Il devient tout de même le taxon majoritaire du cortège des ligneux.

- *zone e* (145 - 130 cm)

Elle se caractérise par un recul des Poacées, qui entraîne une baisse des NAP. Elles oscillent autour de 40 %. En début de zone, les Cypéracées connaissent une hausse temporaire, passant de 10 à 20 %, avant de décroître au niveau 135. Les céréales et un cortège divers de rudérales restent présents.

Les strates arborescentes et arbustives ne montrent encore une fois que de faibles variations quantitatives. En dehors du bouleau qui se développe en début de zone, l'ensemble des taxons observés présente des courbes stables. Notons également, l'installation de *Fagus* de façon continue dans le diagramme, ainsi qu'une occurrence de *Castanea* au niveau 135 cm.

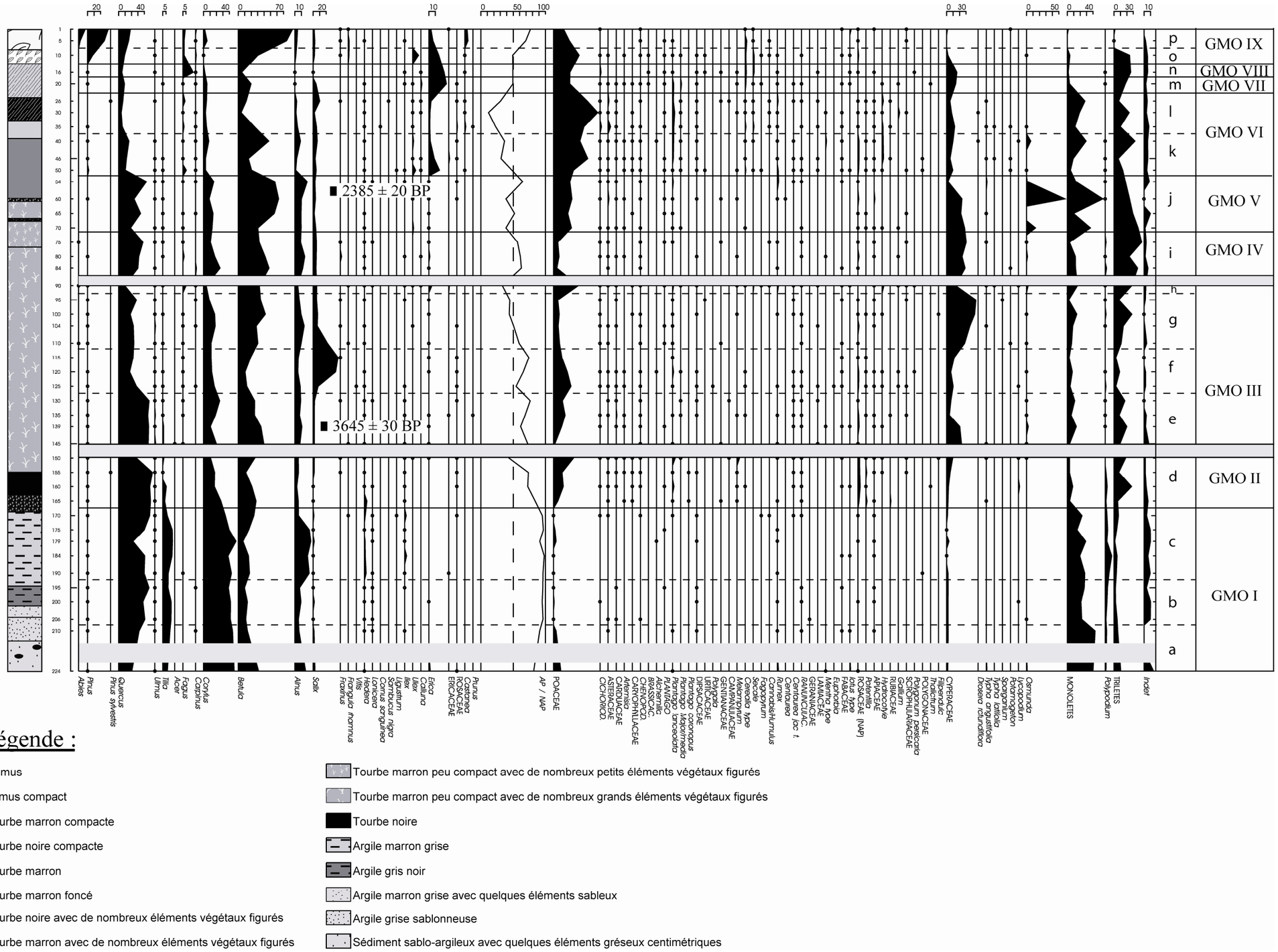


Figure 39 : diagramme pollinique du site du « *Gué Mony* »

- *zone f* (125 - 115 cm)

Le chêne y connaît un recul prononcé. Ses fréquences passent de 40 à 20 %. Le bouleau décline aussi allant de 20 à 10 %. A l'inverse, le saule, discret dans le reste de la séquence, connaît un brusque essor jusqu'à 30 % environ. Il compense ainsi la baisse des deux premiers taxons et permet l'oscillation des AP autour de 60 %. Les *Poaceae* augmentent légèrement en début de zone (25 %) avant de retrouver des valeurs semblables à celles de la zone *e* (13 %). Les rudérales restent diversifiées et les céréales présentes à de faibles taux. La végétation de zone humide reste discrète. Seules les Cypéracées sont observées.

- *zone g* (110 - 95 cm)

Sous l'influence des Cypéracées qui croissent tout au long de cette zone, la courbe des NAP montre également une augmentation, passant de 25 à 65 %. Les Poacées conservent des valeurs de l'ordre de 10 %. Les rudérales demeurent peu présentes mais bien diversifiées, tandis que les taxons cultivés sont absents de la zone.

Sur la zone humide, le saule décroît au profit du bouleau dont les fréquences doublent en début de zone avant de se stabiliser autour de 30 %. Les autres boisements sont toujours dominés par le chêne et le noisetier.

- *zone h* (90 cm)

Elle n'a pu être mise en évidence que sur l'échantillon 90 cm. L'accroissement des NAP traduit une ouverture du milieu. Toutefois, elle masque la réduction des Cypéracées au profit des Poacées, dont la courbe pollinique marque un pic. Leur fréquence atteint 38 %, alors que dans les niveaux adjacents les valeurs sont de l'ordre d'une dizaine de pourcents seulement. Ce changement s'accompagne d'un essor des espèces cultivées : *Cerealia*, *Secale*, *Fagopyrum* et *Cannabis/Humulus* sont présents. Adventices et rudérales se développent également comme le montrent les légers pics de *Rumex* et *Plantago*.

La flore ligneuse connaît également quelques variations. Les plus marquantes sont les développements des *Ericaceae* et de *Fagus*. Jusque là présents ponctuellement, ces taxons atteignent ici des valeurs de 5 %. A l'inverse, la courbe du chêne témoigne d'un net recul avec une fréquence qui passe de 30 à 15 %.

- *zone i* (84 - 75 cm)

Malgré un retour des Cypéracées à un niveau compris entre 25 et 30 %, les AP diminuent de 30 % au début de cette zone. Ceci s'explique par le net recul des Poacées qui retrouvent des taux de 10 %. Dans le même temps, on assiste à une quasi-disparition des cultivées.

La reprise forestière s'effectue essentiellement au profit de *Quercus* et *Corylus* dont les fréquences passent respectivement de 10 à 30 % et de 5 à 15 %. Le hêtre et la bruyère décroissent au point de presque disparaître.

- *zone j* (70 - 54 cm)

Observée sur 4 échantillons, elle présente un taux de NAP légèrement plus important que la zone *i*, avec 55 % en moyenne au lieu de 45%. La courbe des Poacées augmente de 10 à 25 %. Les adventices et rudérales y sont assez diversifiées et notent une légère hausse en fin de zone, avec notamment *Plantago lanceolata* et *Rumex* qui dépassent 1 % de la somme de base. En fin de zone, les Cypéracées décroissent fortement jusqu'à 5 %.

Bien qu'en représentation fluctuante, les ligneux restent relativement constants au cours de cette zone. Seul le bouleau varie de façon notable, passant de 30 à 60 %.

- *zone k* (50 - 40 cm)

Les AP y connaissent une chute régulière de 50 à 30 %. Ceci traduit bien le recul de plusieurs taxons (*Quercus, Corylus, Alnus…*) entre les zones *j* et *k* pour. Au début de cette zone, *Erica* marque un pic de représentation à 16 % puis se stabilise aux alentours de 5%.

Parmi les herbacées, les Poacées marquent la plus grande variation en doublant leur fréquence au cours de la zone, de 25 à 50 %. Les taxons cultivés se réinstallent de façon durable au côté d'adventices et de rudérales bien diversifiées. Dans les étendues d'eau libre de la zone humide, les plantes aquatiques se développent également.

- *zone l* (35 - 26 cm)

Elle correspond aux deux unités sédimentaires comprises entre 24 et 7 cm de profondeur. Les Poacées continuent leur progression pour atteindre 65 %, entraînant ainsi une hausse des NAP jusqu'à 90 % de la somme de base. Ce paysage ouvert est propice à la

diversification des herbacées (23 taxons minimum). Les céréales sont bien représentées, témoignant ainsi de l'anthropisation du milieu.

La végétation ligneuse présente ici son plus bas niveau (10 % d'AP au niveau 30 cm). Le chêne et le noisetier représente chacun entre 5 et 10 % du spectre pollinique. Seul le bouleau, exclu de la somme de base, présente des valeurs légèrement plus élevées, mais ne dépassant pas 20 %

- *zone m* (20 cm)

Seul l'échantillon 20 cm compose cette zone. *Erica* y présente ses valeurs les plus élevées de la séquence à 27%. A l'inverse, l'aulne, présent de façon plus ou moins stable depuis le début de la séquence, connaît une baisse avec une fréquence inférieure à 1 %.

Les Poacées reculent également pour atteindre 25 % environ tandis que la présence des céréales s'accroît.

- *zone n* (16 cm)

Elle correspond à l'échantillon 16 cm. Le hêtre y connaît un essor brutal mais de courte durée. Rarement présent à plus de 1 % dans le reste de la séquence, il atteint ici une fréquence de plus de 10 %. Il succède à *Erica* qui entame une lente régression à partir de cette zone.

Le cortège des herbacées se compose toujours d'un riche ensemble de rudérales, que côtoient des céréales dont le seigle. Les Poacées se maintiennent à 25 % et les Cypéracées à 15%.

- *zone o* (10 cm)

Elle n'est visible que sur un échantillon, 10 cm de profondeur, et doit correspondre à la strate d'humus compact. Elle s'individualise du reste de la séquence par un pic d'*Ulex*, qui atteint 5 %, et le développement du pin qui dépasse 10 % alors qu'il n'était jusqu'alors présent que de façon sporadique. Dans le même temps, *Fagus* connaît un net recul avec à peine plus de 1 % de la somme de base.

La courbe des NAP reste stable à 50 %. Une hausse des *Poaceae* compense le déclin des *Cyperaceae*, qui disparaissent en fin de zone.

- *zone p* (5 - 1 cm)

Elle se caractérise par un essor des résineux (*Pinus* et *Abies*) dont les fréquences peuvent atteindre jusqu'à 35 %. Ils s'accompagnent d'un développement du bouleau (jusqu'à 90 % de la somme de base) et du châtaignier, qui dépasse pour la première fois 1 %. En revanche, les courbes régressives d'*Erica* et *Ulex* traduisent un recul des landes. Les herbacées connaissent également un repli avec des valeurs qui passent de 30 à 20 %, principalement à cause de la baisse des Poacées.

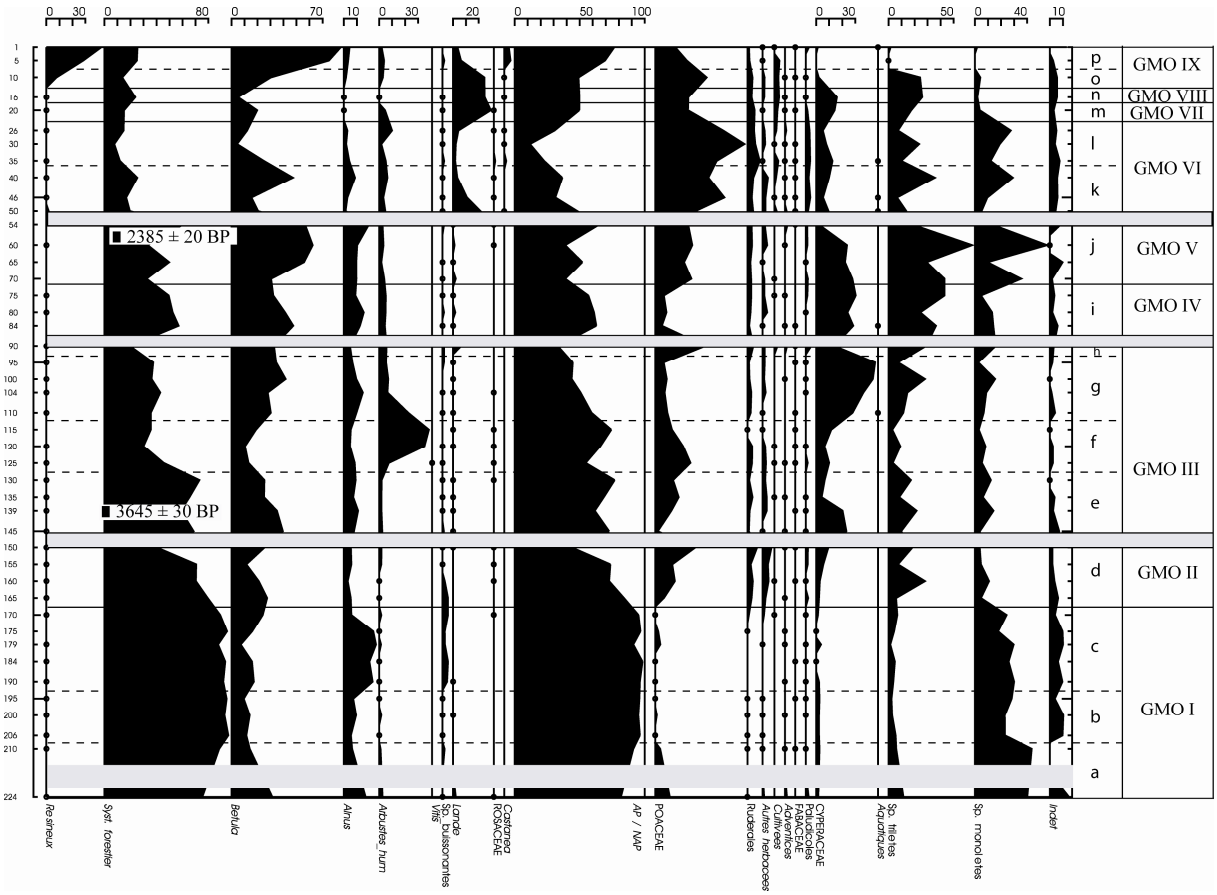


Figure 40 : diagramme pollinique simplifié du site du « *Gue Mony* »

2.4.3.2 Les phases écologiques

GMO I correspond à l'ensemble des niveaux d'argile situé à la base de la colonne sédimentaire. Elle regroupe les trois premières zones d'assemblage pollinique *a*, *b* et *c*. Les cortèges polliniques sont dominés par le noisetier et le chêne. Ils sont accompagnés du tilleul, dont les fréquences oscillent autour de 10 %.

GMO II est constituée uniquement de la zone *d*. On y assiste à un développement des *Poaceae*. Il est associé à un essor et une diversification des rudérales. Chez les ligneux, le

chêne se maintient autour de 40 %. Il devient l'espèce majoritaire suite au déclin de *Corylus* qui atteint maintenant une quinzaine de pourcents. Le tilleul se fait également plus discret avec des fréquences de 4 à 5 %.

GMO III est bâtie à partir des zones d'assemblage pollinique *e* à *h*. Les espèces ligneuses sont encore largement présentes. Le chêne et le bouleau dominent. Le hêtre s'installe discrètement mais de façon quasi continue, tandis que *Tilia* se fait plus rare. En toute fin de phase on assiste à l'apparition des premières occurrences de seigle du diagramme. Les fortes variations de *Quercus* et *Poaceae* en fin de période suggèrent la présence d'un hiatus sédimentaire entre cette phase et la suivante. Aucun changement stratigraphique n'a toutefois pu être mis en évidence entre les niveaux 84 et 90 cm.

GMO IV équivaut à la zone *i*. Elle correspond à une phase d'augmentation des espèces arborescentes, principalement le chêne et le noisetier. Les Poacées régressent autour de 10 %.

GMO V se base uniquement sur la zone *j*. Cette phase se caractérise par une augmentation des pollens de Graminées, dont les fréquences atteignent maintenant de 25 à 30 %. La végétation ligneuse conserve globalement des valeurs identiques à la phase précédente. Seul le bouleau connaît une légère hausse. La transition entre GMO V et la phase suivante est marqué par de fortes variations de *Quercus*, *Corylus*, *Betula*, *Alnus* et *Erica*. Elles semblent indiquer la présence d'un hiatus dans la séquence. Il est confirmé par un changement sédimentaire à 59 cm de profondeur.

GMO VI regroupe les zones *k* et *l*. On y assiste à un très fort recul des taxons arborescents. On peut citer, par exemple, la fréquence du chêne qui passe de 40 à 10 % ou celle du noisetier de 10 à 5% tout comme celle de l'aulne. Seul le châtaignier, qui apparaît au cours de cette phase, connaît une légère hausse de sa représentation, notamment en GMO VI*l*. Dans le même temps il se produit un développement rapide des Ericacées et une installation pérenne d'*Ulex*. La végétation herbacée se développe. Les *Poaceae* augmentent de 25 à 45-50 %. La fréquence des taxons cultivés est également en hausse, notamment celle des céréales.

La phase suivante, GMO VII, est dominée par les Ericacées. Elles présentent un taux légèrement supérieur à 30 %. En dehors de la zone humide, le couvert arborescent est rare. Il se compose essentiellement du chêne. Quelques noisetiers et hêtres sont également présents.

GMO VIII correspond uniquement à la zone *m*. Elle se caractérise par un fort taux de *Poaceae* accompagné de bruyère et du hêtre. Ce dernier très discret tout au long de la séquence présente ici son maximum à près de 20 %.

GMO IX se situe au sommet du diagramme. Elle se compose des ZAP *n* et *o*. Elle est caractérisée par une baisse du taux d'Ericacées (passage de 20 à 5 %) associée à un fort développement du pin et du sapin.

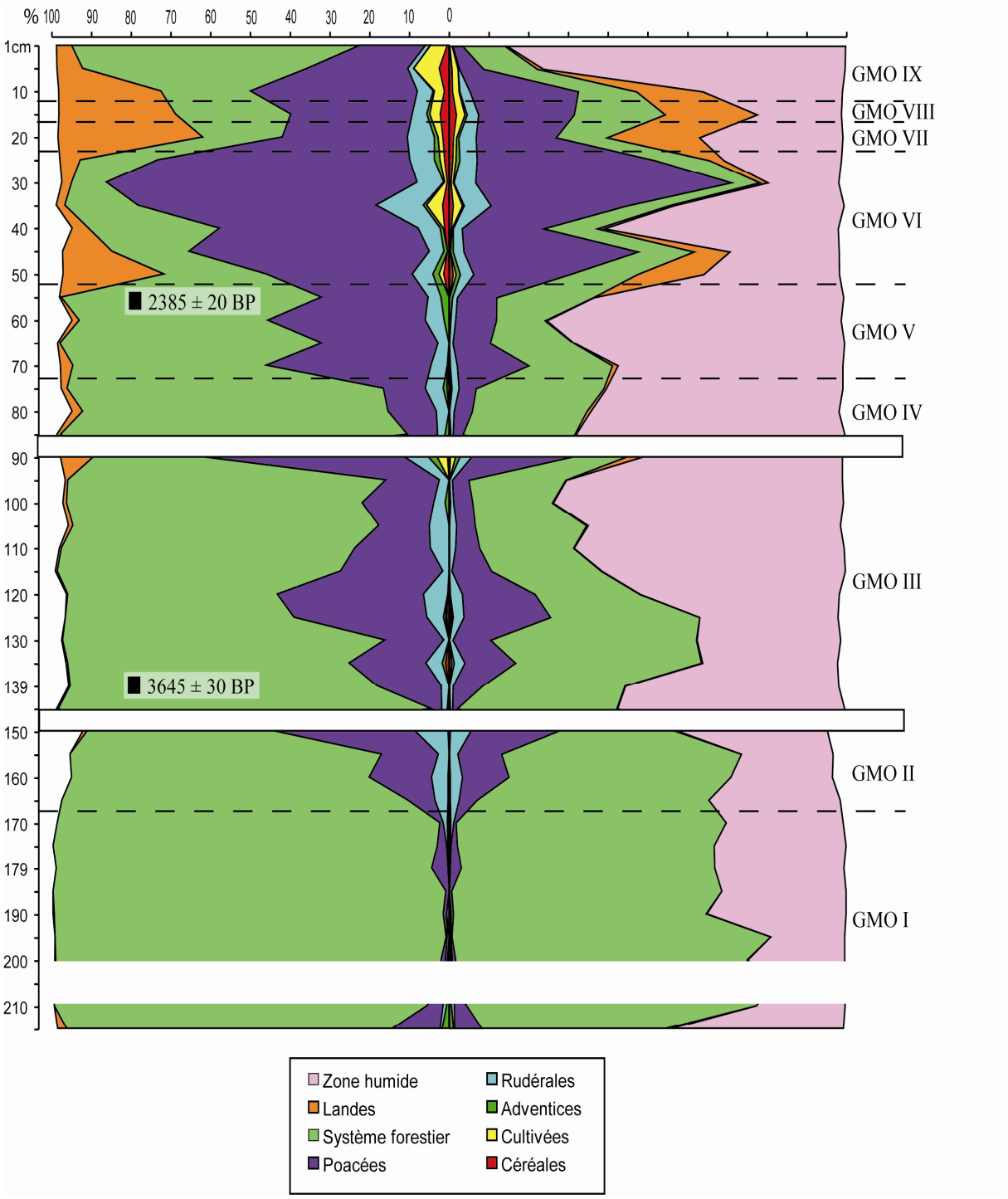


Figure 41 : diagramme Société/Végétation du site du « *Gue Mony* »

2.4.4 Interprétation

2.4.4.1 La végétation locale

La phase écologique GMO I ne contient aucun taxon aquatique. Le faible cortège d'espèces paludicoles est dominé par les Cypéracées. Il semble donc qu'au cours de cette phase peu d'eau ait été libérée par la source du ruisseau du Gué Mony. Elle permettait toutefois la formation d'une prairie à carex, sur laquelle quelques bouleaux et aulnes poussaient.

Au cours de GMO II, on assiste à une augmentation de l'apport en eau. Ce nouveau débit permet le développement ponctuel d'une roselière à *Typha*. De plus, grâce cette hausse de l'hygromorphie le phénomène de tourbification se met en place. Les premiers niveaux de tourbe se forment.

GMO III traduit tout d'abord une baisse de la hauteur d'eau. Celle-ci n'est plus suffisante pour la croissance de *Typha*, mais elle permet l'essor d'une prairie de laîches. Puis cet assèchement se poursuit en fin de zone *e* et en zone *f*. Il provoque un retrait des Cypéracées tandis qu'une prairie à graminées se développe sur la zone humide. Le saule s'installe. Plus tard, en zone *g*, la ressource en eau se fait plus abondante. Le débit de la source s'intensifie. Il donne naissance à un petit cours d'eau suffisamment profond pour que le Potamot s'installe (au moins 50 cm de profondeur). En bordure du ruisseau du Gué Mony la typhaie s'installe de nouveau dans des cuvettes d'eau stagnante. Autour, c'est la prairie de Carex qui se réimplante dans les zones plus humides ou les Poacées ne peuvent perdurer.

GMO IV marque un très léger recul de l'alimentation en eau. Il se traduit par une disparition des aquatiques et une raréfaction de *Typha*. Ces apports réduits permettent toutefois à la prairie de Cypéracées de se maintenir.

Lors de GMO V, la végétation locale ne connaît que très peu de variations. On observe seulement deux pics d'*Osmunda* aux niveaux 70 et 60. Leur ampleur importante traduit certainement plus l'installation d'un plant d'osmonde à proximité du point de prélèvement qu'une évolution des conditions locales. Seul le dernier échantillon se démarque autrement. Il présente une baisse marquée des Cypéracées et une très légère augmentation de *Typha angustifolia*, qui pourraient maquer un retour vers des conditions plus humides.

Au cours de la phase GMO VI, la végétation locale connaît un déclin de son couvert arbustif. L'aulne et le bouleau sont en très nette baisse. La courbe plus affirmée d'Erica

indique que les landes humides se développent légèrement en local. On assiste également au cours de cette phase à une hausse du niveau d'eau. Elle se traduit par une reprise d'activité de la source alimentant le ruisseau, dans lequel *Potamogeton* peut à nouveau croître. Dans les cuvettes à eau libre plus fréquentes, la mégaphorbiaie se développe, accueillant les deux espèces de *Typha*. Les carex, plus rares, forment de petites prairies où pousse, entre autre, de l'hydrocotyle.

GMO VII et VIII traduisent toutes les deux une période de baisse d'hygrométrie sur la zone humide. Les taxons aquatiques disparaissent ainsi que ceux de bords d'étang. La prairie à Carex se réduit et s'atterrit légèrement comme l'indique le développement d'hydrocotyle. La hausse des *Erica* au cours de ces zones traduit le développement de landes humides au niveau de la tourbière.

GMO IX voit l'essor du bouleau. Il atteint ici son maximum de la séquence avec près de 80 % de la somme de base. Ce développement est possible grâce un assèchement des conditions locales qui entraîne une réduction de la diversité des paludicoles ainsi qu'une disparition des taxons aquatiques et des cypéracées. On note également un arrêt de la sporulation des fougères et des mousses. En toute fin de période, on voit reparaître quelques cypéracées ainsi que le Potamot qui indiqueraient un retour vers des conditions plus humides.

2.4.4.2 La végétation régionale

La phase GMO I décrit un environnement très boisé. Une forêt composée essentiellement de noisetiers, chênes et tilleuls dominent le paysage. La présence de taux de Poacées plus élevés en début et fin de période dénote l'existence de clairières temporaires plus ou moins grandes.

GMO II correspond à une période d'ouverture du paysage. Les prairies à graminées occupent de plus en plus de place et la forêt recule. Là où elle persiste, sa structure se densifie. Le chêne devient l'espèce majoritaire alors que *Corylus* et *Tilia*, plus héliophiles diminuent. Cette fermeture de la forêt entraîne également un recul pollinique des espèces buissonnantes et rampantes comme le houx et le lierre.

GMO III, comme les deux précédentes, est une période au paysage forestier. Les variations des AP observées correspondent essentiellement à celles des Cypéracées sur la zone humides. La chênaie caducifoliée poursuit sa prédominance. Une légère hausse des *Poaceae* en zone GMO III*f* pourrait indiquer une brève phase d'ouverture du milieu. Mais

celle-ci est très faible en comparaison des variations observées en toute fin de période. En effet, l'échantillon 90 cm présente un très fort taux de Poacées (50 %) qui marque une très brusque ouverture du milieu. Le recul du chêne et du noisetier indique une réduction des zones forestières, qui voient un faible développement du hêtre. On note également à cette période une légère multiplication des landes hautes et basses. Cette phase d'ouverture n'est que très peu enregistrée à cause du hiatus qui sépare cette phase de la suivante.

GMO IV correspond à un retour à un paysage plus boisé. La chênaie mixte s'étend de nouveau et reconquiert les zones de prairie. Dans la forêt, le chêne reste l'espèce dominante. Il est accompagné du noisetier toujours bien présent. Le tilleul et le hêtre apparaissent ponctuellement.

Pendant GMO V, on observe un accroissement des zones prairiales qui traduit une période au paysage plus ouvert. Un très faible recul de *Quercus* et *Corylus* confirme ce recul de la forêt.

La présence d'un hiatus rend brutal le passage à GMO VI. Cette phase du diagramme apparaît comme une période d'importante ouverture du milieu. L'ensemble des espèces arborescentes décline. Le chêne et le noisetier atteignent des fréquences inférieures à 10 %. Le tilleul et l'orme disparaissent presque. Seuls le hêtre et le charme semblent profiter de cette ouverture. Ils connaissent un léger développement et sont maintenant présents en continu. Au cours de cette phase, on assiste également à un développement remarquable de la lande avec le passage d'*Erica* en courbe continue entre 4 et 5 %.

GMO VII correspond à un paysage assez clair, dominé par la lande. Les prairies à bruyères et Poacées sont l'élément principal du décor. Quelques arbres, principalement des chênes et des noisetiers, sont encore présents.

GMO VIII témoigne également d'un paysage très ouvert où la lande est l'assemblage végétal le plus répandu. On note toutefois une légère reprise forestière. Dans ces zones en cours de reboisement, le hêtre devient l'espèce principale de la forêt dominant le chêne et le noisetier.

GMO IX traduit une dynamique de fermeture du paysage. A la lande basse succède une lande haute à ajonc. Elle est rapidement remplacée par une forêt où se côtoient des essences caducifoliées, comme le chêne et le hêtre, et des résineux : pins et sapins. Le châtaignier prend une place de plus en plus importante dans ce boisement, supplantant parfois le hêtre.

2.4.4.3 L'influence de l'homme sur le milieu

Au cours de la phase GMO I, les indices d'anthropisation du milieu sont très rares. Avec près de 95 % d'*AP* le paysage est fermé. Les taxons rudéraux et les Adventices sont rares. On note toutefois en fin de période (échantillon 175) la présence de *Cerealia* qui témoigne de façon nette de la présence de population agricole sur le massif. L'occurrence de *Cannabis/Humulus* au même niveau semble indiquer la présence d'une culture du chanvre à la même période.

La phase suivante, GMO II, est une période d'ouverture du milieu. Les prairies à graminées se développent. On assiste également à une diversification du cortège des rudérales. Elle indique probablement un développement de l'activité pastorale, marqué également par un léger accroissement du plantain lancéolé. Les indices d'agriculture restent toutefois rares. Seul un pollen de céréale, en milieu de zone, confirme la présence de cette activité.

Au cours de GMO III, on observe une réduction de l'ouverture du milieu par rapport à la fin de la phase précédente. Elle s'accompagne d'une raréfaction des rudérales tandis que les adventices restent peu nombreuses. Deux périodes d'anthropisation du milieu sont toutefois visibles, principalement grâce à la présence de plantes cultivées. La première se situe entre les niveaux 135 et 120 cm. On y observe la culture de céréales. Elle est associée à une légère hausse des graminées qui suggère un défrichement. Les rudérales se font également plus diverses évoquant la pratique du pastoralisme. Un pollen de *Vitis* a pu être observé pendant cette phase, mais il ne permet pas d'établir avec certitude la pratique de la viticulture. La variété sauvage ne peut pas être différenciée des plants cultivés en palynologie. La seconde période d'occupation attestée se situe en toute fin de phase, pendant la zone GMO III*h*. Les populations défrichent de nouveaux terrains. Par endroit les terres sont cultivées. Des céréales, dont du seigle, du blé noir et sans doute du chanvre sont produits. Ailleurs, des prairies s'installent. Elles servent à la mise en pâture du bétail.

Pendant GMO IV, une baisse des indices d'anthropisation est visible. La forêt s'étend de nouveau, regagnant des terres auparavant défrichées. Les rudérales et les adventices diminuent, et ce n'est pas la présence d'un pollen de *Cannabis/Humulus* qui permet d'attester d'une fréquentation humaine du massif.

Malgré le développement important des prairies, GMO V n'apparaît pas comme une période d'anthropisation prononcée. Seule une occurrence de céréale au niveau 70 cm confirme la présence d'agriculture. Cette présence humaine disparaît ensuite complètement.

On note toutefois une faible augmentation de *Plantago lanceolata* et *Rumex* en fin de phase. Elle pourrait être le premier indice d'une réimplantation humaine sur le massif de Paimpont.

Après le hiatus qui sépare les phases GMO V et GMO VI, l'anthropisation du milieu se fait évidente dans le diagramme pollinique. Le paysage s'ouvre de plus en plus. Les indices d'agriculture sont de plus en nombreux. Dans les champs, céréales, blé noir et chanvre sont cultivés. Le développement des rudérales et leur diversification montrent un retour du pastoralisme. De plus, au cours de cette période, les premiers indices de fruiticultures apparaissent avec les premières observations de *Castanea*. Suite aux défrichements et aux labours, les sols s'érodent et s'appauvrissent permettant le développement des landes.

GMO VII est marquée par la prédominance des landes dans le paysage. Leur développement témoigne d'une poursuite de la dégradation des sols, notamment dans les secteurs abondamment déforestés. Les indices d'anthropisation du milieu restent très abondants (cortège de rudérales abondant et diversifié, présence de pollens de plantes cultivées…). Ils attestent d'une persistance des pratiques agropastorales.

Pendant GMO VIII, on assiste à une légère réduction tant qualitative que quantitative du cortège des rudérales indiquant un déclin de l'élevage. Les fréquences de *Cerealia* et *Secale* d'environ 2 % attestent, en revanche, d'un maintien voire d'un léger développement de la céréaliculture. Dans les secteurs encore boisés, l'essor du hêtre et la légère baisse des Ericacées indique une diminution de l'exploitation du milieu et une légère expansion de forêt.

Au sommet du diagramme, GMO IX correspond à un environnement toujours très anthropisé. Les nombreux pollens de plantes cultivées attestent d'un maintien de l'agriculture. Mais, le faible taux de rudérales confirme la baisse du pastoralisme pressentie précédemment. Au cours de cette phase on note également un très net développement des résineux. Il reflète les plantations qui ont eu lieu depuis la seconde moitié du XIXème siècle sur le massif.

3. Synthèse et discussion

3.1 L'histoire de la végétation

3.1.1 Les zones régionales

La comparaison des cortèges polliniques des séquences du massif de Paimpont a permis de mettre en évidence 13 phases régionales (Figure 42). Elles décrivent les grandes variations végétales sur le massif de Paimpont au cours de Quaternaire récent.

La zone PAIM 1 :

Cette première zone régionale est observée uniquement à la base de la séquence du *Pas de la Chèvre* (CPC I). Elle se caractérise par un paysage très ouvert où dominent les graminées et les Cypéracées. Un cortège d'herbacées steppiques les accompagne, composé de *Filipendula, Thalictrum, Gallium, Sanguisorba officinalis* mais aussi des armoises, qui présentent un taux légèrement supérieur à 5%. Les rares ligneux sont dominés par le saule et le bouleau juste devant le pin. On observe également la présence de *Juniperus* et *Ephedra distachya*.

Cette zone bénéficie d'une datation radiocarbone au niveau CPC 334-335. Le résultat est de 10605 ± 30 PB, soit entre 12655 et 12437 cal. BP.

Sur la seule séquence où cette phase a été observée, elle est suivie d'un hiatus, c'est pourquoi la transition avec la zone suivante ne peut pas être décrite.

La zone PAIM 2 :

Elle n'a été décrite qu'à partir de la séquence du *Pas de la Chèvre.* Elle se caractérise par une fermeture du paysage suite à un important développement du bouleau et du saule. Pendant cette période le pin connaît également un essor, passant de 5 à plus de 20%. La flore herbacée se modifie également. Bien que se maintenant à plus de 30%, les *Poaceae* décroissent. Dans le même temps, les *Cyperaceae* diminuent très fortement et les armoises ne sont plus présentes que de façon sporadique.

Une seule date a pu être réalisée dans cette zone régionale. Elle a été effectuée sur un morceau de bois présent au niveau 289 de la séquence du Pas de la Chèvre. L'âge radiocarbone est de 9895 ±35 BP, c'est-à-dire entre 11301 et 11228 cal.BP.

Le passage à la zone suivante se traduit par un développement du pin et une baisse du saule.

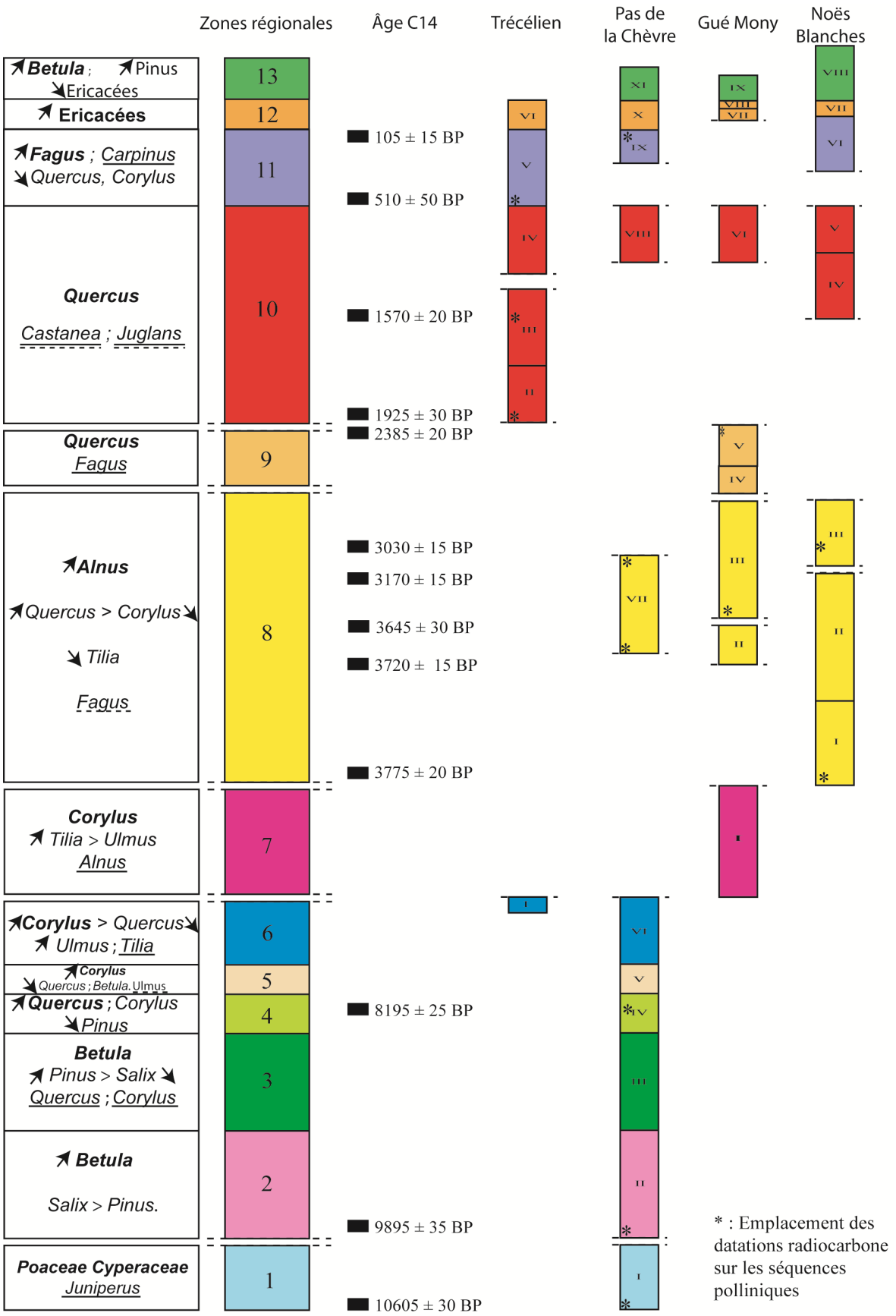


Figure 42 : Diagramme de corrélation des phases écologiques des 4 séquences étudiées et critères caractéristiques de chacune des 13 zones régionales définies.

La zone PAIM 3 :

Seule la zone CPC III la décrit. Présentant un paysage encore assez ouvert, elle est dominée par *Pinus*, dont les taux avoisinent 50% (*Betula* exclu de la somme de base). Le saule connaît une très nette baisse par rapport à la zone précédente. En fin de zone, on observe également l'apparition en continu de taxons mésophiles dont le chêne et le noisetier. La strate herbacée voit une réduction des *Poaceae* au profit de *Cyperaceae*, ainsi qu'une lente disparition des steppiques.

Cette zone ne bénéficie d'aucune datation absolue pour l'instant.

La transition de cette zone à la suivante se marque par une dynamique de développement de *Quercus* et *Corylus*, tandis que le *Pinus* diminue.

La zone PAIM 4 :

Définie uniquement sur la base de la zone CPC IV, elle présente une dynamique de fermeture du milieu due à l'essor de *Quercus* et au développement de *Corylus*. Le bouleau reste très présent tout au long de cette zone tandis que le Pin décroît pour atteindre environ 10%. Le cortège herbacé voit diminuer très nettement les Cypéracées qui passent de 45 à moins de 10%, tandis que les Poacées se maintiennent à des valeurs proches de 5%.

Cette zone bénéficie d'une datation indirecte. Le résultat obtenu est de 8195 ± 25 BP, ce qui correspond à une date comprise entre 9260 et 9031 cal.BP.

Cette zone se termine par un très fort développement de *Corylus* et l'apparition *d'Ulmus*. Dans le même temps *Quercus* et *Betula* diminuent.

La zone PAIM 5 :

Au cours de cette zone, décrite uniquement sur la base de CPC V, on assiste à une explosion du noisetier qui atteint son maximum avec une fréquence supérieure à 75%. En parallèle de cet essor, le chêne et le bouleau très présents précédemment connaissent de franches baisses de leurs fréquences, tout comme le pin qui disparaît presque en fin de zone. Au même moment, l'orme, déjà présent de façon sporadique, s'installe en continu avec une fréquence de moins de 1%.

Aucune datation n'a été réalisée sur cette phase de l'histoire de la végétation.

L'apparition du tilleul marque la fin de cette zone régionale.

La zone PAIM 6 :

Cette zone a pu être observée sur la séquence du *Pas de la Chèvre* (CPC VI) et de façon plus partielle sur celle de *Trécélien* (TRE I). Son cortège pollinique se caractérise par une très forte dominance du noisetier accompagné du chêne et, en local, du bouleau. On y observe également une stabilisation de l'orme en courbe continue aux environs de 2%, tandis que l'aulne s'installe durablement et que le tilleul fait son apparition. La strate herbacée ne connaît, quand à elle, que peut d'évolution en dehors d'une légère reprise des *Cyperaceae* au niveau local.

Aucune analyse radiocarbone ne permet d'attribuer de datation absolue à cette zone.

La suivante n'a pas pu être observée sur les séquences où PAIM 6 était présente. Un hiatus persiste donc à ce niveau dans l'histoire de la végétation de Paimpont. Il semble toutefois que la transition entre les zones PAIM 6 et 7 se base sur le développement du tilleul, le recul de l'orme et l'installation de l'aulne sous forme d'une courbe continue.

La zone PAIM 7 :

Cette zone n'a pu être observée que sur une seule séquence. Sa description se base sur la GMO I. Le noisetier tient toujours une place importance dans les assemblages polliniques ainsi que le chêne qui marque une légère croissance. L'orme, en revanche, s'efface. Il est remplacé par le tilleul qui présente ses valeurs maximales autour de 10 %. Les premières céréales font leur apparition. La chronologie absolue de cette zone n'est pas renseignée faute de datation radiocarbone.

Aucune continuité n'a pu être observée avec la zone suivante. Un hiatus persiste donc à cet endroit de l'histoire de la végétation régionale. Le passage vers PAIM 8 a été défini par le recul de *Tilia*, l'apparition de *Fagus* et le croisement des courbes de *Quercus* et *Corylus*.

La zone PAIM 8 :

Elle est présente sur les séquences du *Pas de la Chèvre*, des *Noës Blanches* et du *Gué Mony* (CPC VII, GMO II à V et NBL I à III). Elle se caractérise par un développement important de l'aulne dans les séquences prélevées long d'un cours d'eau (CPC et NBL). Il devient alors le taxon principal. Dans le même temps *Quercus* augmente et dépasse *Corylus* dont la courbe décline. Le tilleul s'efface tandis que le hêtre apparaît ponctuellement. Il peut même être absent de cette zone, comme c'est le cas au *Pas de la Chèvre*.

5 datations radiocarbone sont associées à cette zone : 2 aux *Noës Blanches*, 1 au *Gué Mony* et 2 *autres au Pas de la Chèvre*. Les résultats se situent tous entre 4000 et 3000 ^{14}C BP

(3775 ± 20 : 4235-4086 cal.BP ; 3720 ± 20 : 4146-3986 cal.BP ; 3645 ± 30 : 4083-4030 cal.BP ; 3170 ± 15 : 3444-3362 cal.BP ; 3030 ± 15 : 3330-3168 cal.BP).

La seule séquence possédant les zones PAIM 8 et PAIM 9 présente un hiatus au niveau de leur transition. Ce dernier se retrouve dans cette histoire de la végétation du massif de Paimpont. La transition avec PAIM 9 se base sur le développement du hêtre.

La zone PAIM 9 :

Observée uniquement sur la séquence du Gué Mony (GMO IV et V), cette période se caractérise par une nette dominance du chêne dans les assemblages polliniques, derrière l'aulne lorsque l'on est en contexte de bord de ruisseau. Il s'accompagne du hêtre qui est désormais présent dans tous les niveaux, parfois à plus de 1%.

Pour son calage chronologique cette zone s'appuie sur 1 datation radiocarbone, GMO 56-57. Le résultat obtenu est de 2385 ± 20 BP, soit après calibration entre 2466-2346 cal.BP.

Cette phase se termine avec l'apparition de *Castanea* et de *Juglans*. Le hiatus présent entre GMO V et VI n'a pas pu être comblé par les autres séquences. Par conséquent il est reporté dans cette synthèse.

La zone PAIM 10 :

Elle se caractérise par une tendance au recul des chênes, noisetiers, bouleaux et aulnes. A l'inverse *Fagus* tend à se développer. Ses fréquences se font de plus importantes et il s'installe sous forme d'une courbe continue en deuxième moitié de période. *Carpinus* est observé de plus en plus fréquemment. *Juglans* et *Castanea* apparaissent. Si le noyer reste discret dans les assemblages, le châtaignier se développe de façon régulière.

2 dates radiocarbone réalisées sur la séquence de Trécélien viennent caler chronologiquement cette zone régionale : TRE 164-165 (1925 ± 30 : 1948-1816 cal.BP) et TRE 110-112 (1570 ± 20 : 1521-1409 cal.BP).

La transition avec la zone PAIM 11 a lieu lorsque *Fagus* se développe et que *Carpinus* s'installe en courbe continue à plus de 1%.

La zone PAIM 11 :

Sa végétation est marquée par une augmentation du hêtre qui prend une place prépondérante dans le couvert forestier en recul à l'échelle régionale. Localement il peut même, comme au *Pas de la Chèvre*, devenir l'espèce majoritaire au sein des boisements. Il est

accompagné du charme qui se développe en courbe continue. On y assiste également à un essor de l'anthropisation avec, notamment, un développement de la culture des céréales et du blé noir (*Fagopyrum esculentum*).

Cette zone a pu être observée sur trois sites : *Les Noës Blanches*, *Trécélien* et le *Pas de la Chèvre*. Son attribution chronologique peut s'appuyer sur une date ^{14}C direct : TRE 57-59 (510°± 50 : 651-477 cal.BP) et une date indirecte à environ CPC 34 (105°± 15 : 260-25 cal.BP).

Le développement des Ericacées marque le début de la zone suivante.

La PAIM 12 :

Les quatre séquences décrivent cette zone (CPC X, TRE V, GMO VII et VIII, NBL VII). Il s'agit d'une phase dominée par les landes à *Ericaceae*. Les espèces forestières sont presque absentes. Seul le chêne arrive à se maintenir à plus de 1%. Sur la zone humide, l'aulne et le bouleau sont également très discrets.

Aucune date ne renseigne chronologiquement cette phase.

Le développement de *Pinus* signe la transition vers PAIM 13.

La zone PAIM 13 :

Cette dernière zone a pu être observée dans la partie sommitale de 3 séquences (CPC XI, GMO IX, NBL VIII) et s'esquisse sur celle de Trécélien. Elle se caractérise par une fermeture du milieu due à un développement de *Pinus*, qui peut atteindre des valeurs supérieures à 30%. De légères hausses du chêne et du noisetier peuvent également être observées. Les landes connaissent globalement un très net recul, sauf sur le site des *Noës Blanches*, où un pic d'*Ericaceae* est présent en milieu de zone.

Cette zone ne peut être calée chronologiquement sur la base d'une mesure radiocarbone. Aucun échantillon lui appartenant n'a été envoyé à datation.

3.1.2 Rattachement aux chronozones et comparaisons régionales

En préambule à l'attribution de nos zones régionales au chronozones, il nous semble nécessaire de repréciser que pour l'Holocène nous nous basons sur le système mis en place par Mangerud et al. en 1974, contrairement aux travaux réalisés antérieurement sur le Massif armoricain et qui s'appuient sur le modèle proposé par M.-T. Morzadec-Kerfourn également en 1974. Cette décision a été prise afin de faciliter les comparaisons avec des données polliniques extrarégionales qui reposent toutes sur la proposition de J. Mangerud et al., notamment pour les périodes récentes. En effet, pour le Préboréal et le Boréal les limites chronologiques entre les deux systèmes sont assez proches voire similaires, en revanche, des variations importantes existent à partir de la fin de l'Atlantique. La chronologie utilisée habituellement dans l'Ouest de la France fait commencer le Subboréal 700 ans plus tôt que le modèle de J. Mangerud et le démarrage du Subatlantique y paraît 1000 ans plus précoce (Tableau 9).

Dates B.P. Conv.	Chronozones selon Mangerud et al. (1974)	Chronozones selon Morzadec-Kerfourn (1974)	Dates B.P. Conv.
0			0
	Subatlantique	Subatlantique	
2600			3000
	Subboréal	Transition Subboréal-Subatlantique	3600
5000		Subboréal	
	Atlantique		5700
		Atlantique	
8000			7800
9000	Boréal	Boréal	9000
10 000	Préboréal	Préboréal	10 000
	Tardiglaciaire	Tardiglaciaire	

Tableau 9 : Table de corrélation entre les chronozones de l'Holocène établies par J. Mangerud et al. (1974) et M.-T. Morzadec-Kerfourn (1974)

3.1.2.1 Le Dryas récent (10700 – 10000 BP)

Les divers proxies utilisés pour retracer l'histoire du climat décrivent le Dryas récent comme la dernière oscillation froide tardiglaciaire avant le réchauffement de l'Holocène (Johnsen et al. 1995 ; Magny & Schoellammer 1999 ; Ponel & Russell Coope 1990). La zone régionale PAIM 1 est attribuée à cette chronozone sur la base de ses caractéristiques floristiques semblables à celles observées à Jersey (Jones et al. 2004 ; 1990) et à Vildé-Bidon (Morzadec-Kerfourn 1974). Elle présente une végétation ouverte dominée par les Poacées. Dans cette prairie se retrouvent de nombreux taxons caractéristiques des steppes froides comme *Artemisia*, mais également *Filipendula*, *Thalictrum* ou *Gallium*. Parmi les rares arbres et arbustes présents les saules, bouleaux et pins dominent. L'observation de quelques pollens de *Juniperus* et *Ephedra distachya* confirme la présence d'un climat froid et sec.

De plus, cette attribution chronologique est confirmée par la date à 10605 ± 30 BP du niveau CPC 334-335. Elle correspond à l'intervalle défini par J. de Beaulieu et al. (1985) pour cette chronozone (10700 – 10000 BP).

Le Dryas récent du massif de Paimpont ne possède pas de taxons mésophiles, contrairement à d'autres séquences du Massif armoricain (Gaudin 2004; Barbier 1999; Morzadec-Kerfourn 1974). Malgré un taux d'armoise plutôt faible, il se rapproche des paysages qui ont été observés à la même période dans le Bassin parisien (Leroyer 1997), en Normandie (Limondin-Lozouet et al. 2005) et au Royaume-Uni (Walker et al. 1993).

L'une des hypothèses avancée pour expliquer la présence de *Quercus*, *Corylus* et autres espèces mésophiles dans les assemblages tardiglaciaires armoricains est la présence de zones refuges weichséliennes (Barbier & Visset 2000; Barbier 1999). Le maintien de ces taxons sur le Massif armoricain serait dû à la présence d'un refroidissement moins marqué au Dryas récent grâce à la proximité de l'Océan atlantique. Avec les résultats obtenus lors de cette étude, cette théorie de zones refuges peut encore expliquer la présence de mésophiles dans les parties occidentales de la péninsule armoricaine, comme au Rohu-Pargo. En revanche, elle devient peu probable pour les sites orientaux comme ceux de Mayenne et de la vallée de l'Erdre, qui sont situés à des altitudes similaires et à plus grande distance de l'océan. Ils étaient par conséquent moins soumis à l'influence marine, surtout au Dryas récent où le niveau marin était plus bas de plusieurs centaines de mètres, soit un recul du rivage de près de 50 km sur la côte sud-armoricaine (Morzadec-Kerfourn 1974).

La séquence de La Vie présente toutefois des éléments caractéristiques des cortèges glaciaires et tardiglaciaires. Les armoises y sont très abondantes dans un milieu très ouvert

avec de nombreuses autres espèces steppiques (Barbier 1999). La possible présence de remaniements sédimentaires ayant entraîné le mélange d'au moins deux stocks polliniques est donc à prendre en considération pour expliquer la présence des mésophiles. Cette hypothèse est confortée par la nature sédimentaire de ces niveaux attribués au Tardiglaciaire. Ainsi, sur ce site, le sédiment analysé est décrit comme de la vase sableuse ou du sable argileux, ce qui traduit la présence de mouvement d'eau relativement important et donc probablement d'une phase d'érosion en amont de la zone de dépôt.

De même, sur le site de La Poupinière, A. Ouguerram attribue le bas de la séquence au Dryas récent. Le paysage y est également très ouvert avec des taux importants de taxons à caractère steppique. Les armoises peuvent constituer jusqu'à 30 % du spectre pollinique. Dans l'ensemble des niveaux analysés des espèces mésothermophiles ont été rencontrées. La nature relativement sableuse du bas de la séquence nous conduit à penser que leur présence est probablement à rapprocher d'un remaniement sédimentaire à moins qu'il ne s'agisse d'une contamination par les niveaux supérieurs riches en *Tilia*, *Quercus* et *Corylus*.

Sur le site de Saint-Ursin, les niveaux attribués par D. Barbier au Dryas récent sont caractérisés par une très nette dominance du Bouleau (40% de moyenne environ) qui pourrait correspondre à un climat plus clément, malgré les forts taux d'armoises. Il faut ainsi envisager une attribution de ces niveaux au Bölling-Allerød, période plus tiède que le Dryas récent, d'autant plus que la datation radiocarbone obtenue pour cette phase est de 11465 ± 115 BP, ce qui correspond à cette période antérieure de réchauffement du climat (De Beaulieu et al. 1985). De plus, le climat froid et sec du Dryas récent est généralement peu propice aux phénomènes de turbigénèse et entraîne des phénomènes érosifs (Pastre et al. 1997).

Enfin, à l'ouest, la séquence du Rohu-Pargo présente des taux de mésophiles assez élevés (Gaudin 2004). Toutefois, l'absence d'un cortège steppique abondant rend peu probable l'attribution au Dryas récent qu'aucune datation radiocarbone ne vient étayer. La baisse de diversité observée par L. Gaudin et la présence de taxons mésophiles trouvent certainement une explication dans une mauvaise conservation du contenu pollinique et le remaniement de sédiment, suggéré ici aussi par la nature sableuse des dépôts étudiés.

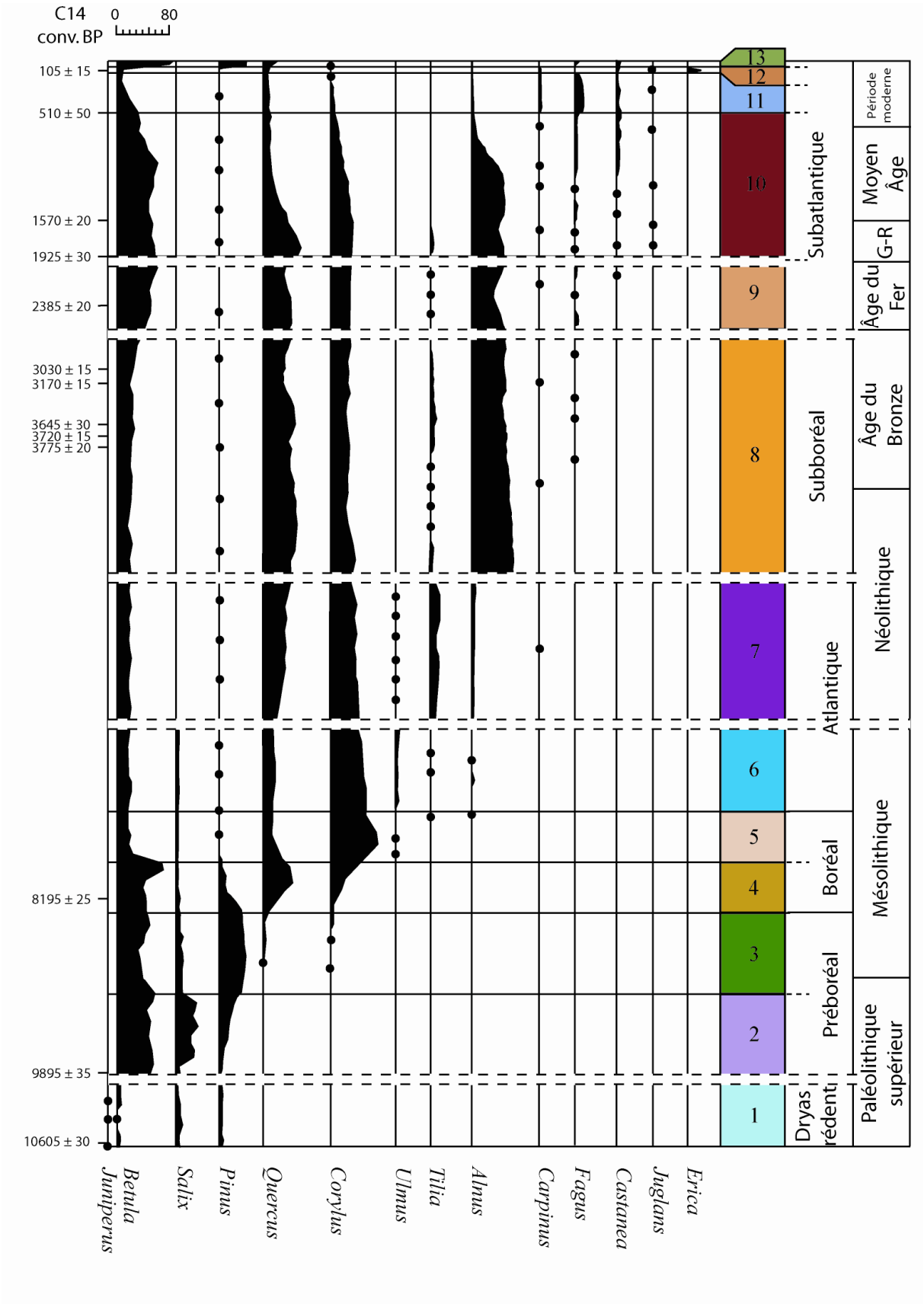


Figure 43 : Histoire de la végétation sur le massif de Paimpont. Schéma d'évolution des principaux ligneux pendant la fin du Tardiglaciaire et l'Holocène.

3.1.2.2 Le Préboréal (10000 – 9000 BP)

Les zones régionales 2 et 3 peuvent être rattachées au Préboréal. Il est ainsi divisé en deux sous-zones sur la base des dynamiques du saule et du pin. Au cours de cette période les espèces arbustives et arborescentes se développent, notamment le bouleau qui domine très largement la végétation. Lors de la seconde phase, il est accompagné de *Pinus* et d'espèces mésophiles comme le chêne et le noisetier. Cette dynamique se met en place grâce à des conditions climatiques plus tempérées, mais également plus humides qui se traduisent au niveau local par une hausse des taxons paludicoles et la mise en place du phénomène de tourbification.

La datation CPC 289 (9895 ± 35 BP) confirme cette attribution ainsi que le calage chronologique de la zone suivante PAIM 4 à 8195 ± 25 BP.

En Mayenne (Barbier 1999), les tourbières de Saint-Ursin et de La Vie décrivent également un milieu fortement colonisé par le bouleau au Préboréal. Le pin n'occupe qu'un rôle secondaire dans les boisements. La tourbière du Fourneau présente la même dynamique dans sa phase FOU 5. La perception en est masquée par une représentation importante de la végétation locale, notamment les Cypéracées dont les fréquences avoisinent 60 %. Des boisements clairs à bouleau ont également été décrits à Quétivel Mill sur l'île de Jersey (Jones et al. 1990).

Dans la vallée de la Loire les niveaux inférieurs de la séquence du Marais du Munet ont également été attribués au Préboréal. Le pin y est largement majoritaire devant le bouleau puis le genévrier (Cyprien 2002). Cette dominance du pin dans les assemblages du Préboréal se retrouve dans les autres séquences du Massif Armoricain. A Saint-Michel-de-Brasparts (Finistère), les boues organiques situées en bas de séquences décrivent une végétation dominée par le pin (Van Zeist 1964). Au tout début de la phase PAR 2 de la séquence du Rohu-Pargo (Quiberon, Morbihan), L. Gaudin décrit un paysage préboréal à pin et chêne. Le noisetier est rare (Gaudin 2004).

A l'inverse, à Langazel, le bouleau domine ou est présent en association avec le noisetier. Le chêne est présent à hauteur de 10 %. Le pin, en revanche, est presque absent des séquences (Gaudin 2004; Marguerie & Marcoux 2000).

Ces séquences du Massif armoricain correspondent à des dépôts peu dilatés ou ne couvrant pas l'ensemble du Préboréal. Elles ne permettent pas de mettre en évidence la

présence d'une dynamique végétale simple ou en deux temps comme celle perçue à Paimpont. En élargissant les secteurs de comparaison, une similitude entre l'histoire de la végétation du Massif de Paimpont et celle du Bassin parisien a pu être mise en évidence. Au cours de sa thèse C. Leroyer montre une très nette dominance du pin au Préboréal dans le paysage (Leroyer 1997). Elle distingue également deux sous-zones dans l'histoire de la végétation. La première, sous-zone IVa, est caractérisée par une bonne représentation du bouleau suivi du saule. Le noisetier et le chêne apparaissent alors que le genévrier s'estompe. L'autre phase du Préboréal parisien s'identifie par une baisse importante du pin (qui reste tout de même l'arbre principal) et du bouleau, tandis que les taxons mésothermophiles se développent. Ces deux phases sont assez semblables à celles que nous avons perçues à Paimpont. La première présente également des fréquences de saule plus importantes, tandis que la seconde connaît le développement des chênes et noisetiers.

3.1.2.3 Le Boréal (9000 – 8000 BP)

Nos zones régionales 4 et 5 correspondent au Boréal, qui présente ainsi une dynamique végétale en deux temps. Il se produit tout d'abord un développement du chêne et dans une moindre mesure du noisetier, conjointement à une réduction du pin. Puis, on assiste à une explosion de *Corylus* associée à un recul du bouleau et une quasi-disparition du pin. Suite à cette hausse du noisetier, les pourcentages de chêne baissent également, mais cette espèce reste bien présente dans le paysage comme l'indique le diagramme de ses concentrations absolues. C'est pendant cette sous-zone que l'orme apparaît. De rares occurrences de *Tilia* et *Alnus* peuvent également être observées.

Sur le Massif armoricain une vingtaine d'analyses palynologiques réalisées en contexte naturel décrivent la végétation boréale. Toutes caractérisent un Boréal composé d'une seule phase et dominé par le noisetier (Gaudin 2004 ; Cyprien 2002 ; Ouguerram 2002; Marguerie & Marcoux 2000; Barbier 1999; Lechevalier 1986; Visset 1979; Planchais 1971; Elhai 1959), dynamique qui se retrouve plus largement dans toute la moitié nord de la France (Leroyer 1997) mais également dans le Massif central (Guenet & Reille 1988) et au Royaume-Uni (Seagrief 1960).

Derrière cette apparente homogénéité le paysage végétal du Boréal présente des variations entre secteurs géographiques, notamment au niveau de la présence du tilleul. Ainsi, dans le Finistère, les séquences réalisées dans la tourbière de Langazel n'en ont pas (Gaudin

2004; Marguerie & Marcoux 2000). Plus à l'est dans les séquences du Rohu-Pargo (Gaudin 2004) et d'Arzal dans le Morbihan, mais également dans celles du Mont-Dol et dans la basse vallée de la Vilaine (Morzadec-Kerfourn 1974), *Tilia* est présent de façon discontinue et le plus généralement à des taux faibles (rarement plus de 1 %). Encore plus à l'est, les séquences issues de la vallée de la Loire et de l'Erdre présentent une courbe de tilleul continue avec des taux encore plus importante pouvant atteindre près de 10 % (Cyprien 2002; Ouguerram 2002). Plus au nord, dans les séquences mayennaises le tilleul est de nouveau absent et n'apparaît qu'en toute fin de période (Barbier 1999). Dans le Bassin parisien il apparaît lors de la transition avec la période suivante (Leroyer 1997).

Avec un Boréal en deux temps, le Massif de Paimpont apparaît comme une exception non seulement à l'échelle armoricaine, mais également au niveau français. Seulement quatre séquences présentant cette dynamique à chêne dominant puis noisetier ont été recensées dans la littérature et ont généralement été attribuées au Préboréal. La plus proche de notre zone d'étude est celle de la vallée du Jaunay, en Vendée, étudiée par C. Joly dans sa thèse (Joly 2006). Dans cette étude le bas de la séquence apparaît nettement dominé par *Quercus* (20 %) alors que le taux de noisetier est faible. Bien que l'auteur attribue cette phase de la séquence au Préboréal, nous proposons plutôt de la rapprocher du Boréal en nous appuyant sur la datation radiocarbone de notre zone régionale alors que celle la Jaunay n'en bénéficie pas. Cette phase à chêne antérieure au développement du noisetier se retrouve aussi sur la séquence de la Lède de Gurp, en Gironde (Marambat & Roussot-Larroque 1989), et sur celle de Le Moura près de Biarritz (Oldfield 1964). Dans les deux cas, la phase à chêne a été attribuée au Préboréal sur la base d'une datation à 9960 ± 160 BP réalisée sur les spectres basques. Enfin la quatrième séquence se situe au nord-ouest de l'Espagne à Los Tornos (Penalba 1994 ; 1989). Comme à Paimpont, le bouleau est l'espèce principale suivi du chêne devant le pin et le noisetier. La partie centrale de la zone a pu être datée à 7830 ± 90 BP, soit un peu plus récemment que dans notre étude (8195 ± 15 BP). Pour expliquer cette dynamique originale, C. Penalba évoque l'hypothèse d'une influence marine. Dans notre cas, cette hypothèse semble peu probable car le Massif de Paimpont se situe à une cinquantaine de kilomètres du littoral, alors que les sites précités ne sont pas éloignés de plus de 25 km du littoral. De plus, dans le cas d'une influence océanique des sites armoricains plus proches du trait de côte devraient présenter cette phase à chêne. Or, comme nous l'avons précédemment, l'ensemble des autres séquences armoricaines présente un Boréal formé d'une seule phase à *Corylus*. Cette zone régionale n'étant bâtie que sur une seule séquence, cette succession à

chêne puis noisetier correspond peut être à des conditions locales particulières ou à la très grande proximité du point de sondage de quelques pieds de chêne.

3.1.2.4 L'Atlantique (8000 – 5000 BP)

L'atlantique ancien

La zone régionale PAIM 6, rattachée à l'Atlantique ancien, est caractérisée par l'apparition du tilleul et les premières occurrences de l'aulne. L'orme se développe dans les boisements dominés par le noisetier et le chêne. La même dynamique a été perçue à Saint-Michel-de-Brasparts (Van Zeist 1964) et dans les travaux de M.-T. Morzadec-Kerfourn (1974). Cette dernière décrit la transition Boréal-Atlantique vers 7 800 BP comme « *marquée par le développement d'Alnus et de Tilia* ». Sur son diagramme de synthèse ceci correspond à l'apparition de ces deux taxons dans un paysage dominé par le noisetier et le chêne où l'orme est déjà présent. La même histoire de la végétation se retrouve de façon plus discrète sur la séquence ZA15 de Langazel (Gaudin 2004; Marguerie & Marcoux 2000). Le premier pollen de Tilia est perçu dans un environnement constitué principalement d'une chênaie mixte à noisetier et orme. L'aulne semble apparaître également si l'on exclue les fortes valeurs observées dans certains niveaux antérieurs et le pic à 170 cm de profondeur. Ces fréquences élevées doivent être liées à l'apport de pollens exogènes soit au moment de la mise en place du sédiment, soit lors de l'étude. En effet, il paraît peu probable d'observer un tel pic (plus de 30%) puis de revenir à moins de 1% si une population d'aulnes était présente sur le site au début de l'Atlantique.

Ce développement de l'orme associé à une apparition du tilleul et de l'aulne s'observe également dans le Bassin Parisien. C. Leroyer (1997) le met en évidence dans la vallée de la Marne (carottages 2 et 3 de l'Ile du Gord à Fresnes-sur-Marne), en Bassée (site de « Le Haut des Nachères à Noyen-sur-Seine) ou dans la plaine de Troyes (Verrières « Les Cœurs »). Cette dynamique a également pu être mise en évidence en Normandie, notamment à Bellengreville dans le Calvados (Elhai 1959).

En Mayenne, sur les séquences de Saint-Ursin et La Vie, D. Barbier a également rencontré ces phases d'apparition de *Tilia* et *Alnus* dans des milieux à noisetiers et chênes accompagnés d'ormes (Barbier 1999). Sur la base des datations radiocarbone elle les attribue à la fin du Boréal. Mais la comparaison avec nos résultats et ceux de Normandie et du Bassin parisien cités ci-dessus nous conduit à réattribuer les zones STU6i et VIE7 au début de l'Atlantique.

Ces cortèges se démarquent de ceux observés à proximité de la vallée de la Loire. (Cyprien 2002 ; Ouguerram 2002 ; Bernard 1996 ; Visset 1979). Dans l'ensemble de ces sites l'Atlantique ancien apparaît comme phase riche en tilleul. Il s'est probablement développé plus précocement dans ce secteur un peu plus méridional au climat sans doute plus chaud.

L'atlantique récent

Il a été enregistré de façon fragmentaire dans la zone régionale PAIM 7 qui peut lui être attribuée. Cette attribution se base sur la comparaison des assemblages polliniques avec ceux d'autres études. Aucune datation absolue ne permet toutefois d'étayer cette hypothèse.

Cette période se caractérise par le développement du tilleul et de l'aulne. Le chêne croît également et atteint des valeurs équivalentes au noisetier. Ce dernier marque un léger recul ainsi que l'orme dont la courbe devient inférieure à celle de *Tilia*.

Les niveaux de tangue tourbeuse des sondages S2, S9 et S10 du marais de Dol ont livré des paysages assez similaires (Morzadec-Kerfourn 1974). *Quercus* domine le paysage suivi de *Corylus*. *Tilia* est présent en continu, souvent à des valeurs plus élevées qu'*Ulmus*. Dans les séquences où des niveaux inférieurs également attribués à l'Atlantique ont été étudiés, sa dynamique d'accroissement est visible. Dans ses mêmes colonnes de sédiments le développement d'*Alnus* est perçu. Peu présent avant, il atteint désormais plus de 10 voire 20%. Plusieurs tentatives de datation absolue ont été réalisées livrant des âges compris entre 6775 ± 170 et 4250 ± 150 BP. Considérant les assemblages polliniques, M.-T. Morzadec-Kerfourn ne retient que les résultats compris entre 5 800 et 5 200. Celle du sondage 10 à 6750 ± 170 BP nous paraît également cohérente et pourrait correspondre au début de l'Atlantique récent.

Encore au Mont Dol, l'horizon de tourbe située entre 2 et 3m de profondeur dans le prélèvement S8 révèle un assemblage pollinique similaire daté dans la même fourchette chronologique à 5450 ± 150 BP.

Toujours sur la côte nord de la Bretagne, sur la plage du Rosais à Saint-Servan, un niveau de tourbe révèle également un assemblage pollinique correspondant au développement du tilleul et de l'aulne dans un environnement à chêne majoritaire. Il a été daté à 6900 ± 140 BP. En accord avec l'auteur nous considérons ce résultat sans doute légèrement vieilli.

Les études menées par D. Marguerie (1992) sur les sites archéologiques des Néolithique ancien et moyen (de 5500 à 5000 BP) présentent des résultats variés qui peuvent toutefois être rapprochés de la dynamique paimpontaise. Autour des sites archéologiques le

paysage apparaît ouvert avec moins de 30% de pollen d'arbres, sauf dans de rares cas comme au Château Bu à Saint-Just. Dans les assemblages, le noisetier et souvent dominant, contrairement à notre zone régionale. Cela doit s'expliquer par une collecte préférentielle du chêne pour le feu. Cette hypothèse est confortée par la dominance de *Quercus* dans les analyses anthracologiques réalisées sur les sites, comme au tumulus d'Er-Grah ou dans le cairn de l'île de Carn. Une fois cette déformation anthropique des spectres polliniques prise en compte, une dynamique assez semblable à celle de Paimpont est observée. Le chêne est parfois dominant, le tilleul présente une courbe continue supérieure à celle de l'orme et l'aulne montre une dynamique d'accroissement.

En Mayenne, à Saint-Ursin, la phase STU7 voit le développement du tilleul, de l'aulne et du chêne ainsi qu'une baisse du noisetier. Elle pourrait correspondre au tout début de l'Atlantique récent malgré une datation assez précoce à 7180 ± 95 BP. A La Vie, la zone VIE8 est attribué à l'Atlantique mais la nette dominance de l'aulne et la présence de hêtre dans les assemblages nous amène à le rapprocher du Subboréal (Barbier 1999).

Plus au sud, cette dynamique se retrouve dans certaines séquences des Pays de la Loire, comme sur les sites de Mazerolles et de Nay dans la vallée de l'Erdre (Ouguerram 2002) et ceux de La Basse-Ville et de Saint-Thomas dans l'estuaire de la Loire (Voeltzel 1987).

3.1.2.5 Le Subboréal (5000 – 2600 BP)

La zone régionale PAIM 8 a également été enregistrée de façon incomplète. Décrite sur trois séquences, elle se rattache au Subboréal. Elle se caractérise par une nette dominance de l'aulne dans les séquences des bords de cours d'eau (*Le Pas de la Chèvre* et les *Noës Blanches*). *Fagus* apparaît localement de façon discontinue dans certaines séquences. De rares occurrences de charme peuvent être observées. Un recul de *Tilia* s'observe également pendant cette période tandis que l'orme s'efface presque complètement. Cinq dates radiocarbone viennent confirmer cette attribution. Elles sont toutes réparties entre 3775 et 3030 BP. Le premier millénaire de cette chronozone ne semble donc pas avoir été enregistré, sauf peut être au début de la phase GMO II.

La comparaison avec les autres séquences armoricaines se heurtent, comme nous l'avons vu en introduction, à l'utilisation des chronozones de M.-T. Morzadec-Kerfourn (1974) par les autres auteurs régionaux et surtout à leur attribution au Subatlantique de la phase de transition datée entre 3600 et 3000 BP.

Dans ses travaux, cette auteur perçoit également le Subboréal comme une période dominée par l'aulne puis le chêne. Le tilleul est présent mais marque un léger retrait. Le hêtre est présent dès le début du Subboréal dans la partie orientale du Massif armoricain mais de façon ténue et discontinue. Il ne semble apparaître dans le Finistère qu'à partir du Subatlantique.

Dans sa thèse D. Marguerie (1992) observe également cette dominance de l'aulne dans les études réalisées en zones humides que ce soit en situation littorale ou continentale. Il peut représenter jusqu'à la moitié du spectre pollinique comme à Bétahon (Ambon, Morbihan) ou à Manéantoux (Bubry, Morbihan). Il observe également de façon très nette cette faible présence discontinue du hêtre tant en milieu naturel qu'en contexte archéologique (coffre du Roh'du à La Chapelle-Neuve, Morbihan).

Pour cette période, il a également étudié l'environnement lors de l'installation de 5 mégalithes situés à proximité ou sur le massif de Paimpont : l'allée couverte de la Ville Bouquet, le coffre de l'Hôtié de Viviane, le tertre du Jardin aux moines, le Tombeau des Géants et le caveau des Buttes de Tiot (Marguerie 1992 ; Briard 1989). Comme sur les séquences en contexte naturel de notre étude le paysage apparaît boisé sur le massif. Toutefois, ce sont des forêts claires, composées principalement de noisetiers et de frênes qui semblent se développer contrairement à nos séquences qui témoignent de la présence d'une chênaie mixte. L'aulne est assez bien représenté entre 5 et 10%, mais ne domine jamais le spectre pollinique. Ceci s'explique sans doute par la distance parfois importante entre les sites et les cours d'eau les plus proches (parfois plusieurs centaines de mètres). Un peu en dehors du massif, à la Ville Bouquet (Ploërmel), le milieu paraît plus ouvert avec seulement 50% de pollen d'arbres. Ce sont toujours des boisements clairs à noisetiers et frênes qui se développent mais les prairies sont plus nombreuses.

La dynamique végétale observée sur le massif de Paimpont se retrouve également dans les séquences de Langazel et du Rohu-Pargo (Gaudin 2004). L'aulne est généralement à son maximum, suivi par le chêne et le noisetier. Le hêtre est présent dans de rares niveaux. Les dates de 3570 ± 35 et 2810 ± 40 BP viennent étayer cette attribution.

A Jersey, les études réalisées par R. Jones et al. (1990) témoignent également du type d'environnement présent entre 5000 et 2600 BP. L'aulne est le taxon dominant dans un grand nombre de séquences (Tunnel Street et Don Street à ST. Helier, Le marais de Saint Pierre à Beaumont ou à l'Ouzière à ST. Ouen's Bay). Le chêne puis le noisetier l'accompagnent généralement. Comme sur le continent la présence du hêtre est souvent discrète et mais non

obligatoire. Il a ainsi pu être observé à L'Ouaisné Slipway et à Trustee Savings Bank mais pas dans la séquence du Port (ST. Ouen's Bay) ni dans celle de Grouville Marsh.

En Mayenne également plusieurs phases polliniques ont été attribuées au Subboréal. Datées entre 5035 ± 70 et 3435 ± 95 BP, elles correspondent toutes à un enregistrement à aulne prépondérant. Les forêts y sont également dominées par le chêne puis le noisetier. Le hêtre y est présent de façon discrète, mais semble être apparu dès le début du Boréal (Barbier 1999).

De la même façon de tels assemblages polliniques apparaissent spécifiques au Subboréal tant en Normandie dans le site de Gathémo (Lechevalier 1986 ; Elhai 1960) que dans le Bassin parisien (Leroyer 1997).

3.1.2.6 Le Subatlantique (2600 BP – période actuelle)

Nos zones régionales 9 à 13 sont attribuées au Subatlantique et traduisent une anthropisation croissante du milieu. Elles se caractérisent d'abord par un développement du hêtre. Il est désormais présent en continu sur tous les diagrammes avec des valeurs parfois supérieures à 1 %. Dans un second temps il se produit une apparition du châtaignier et du noyer. Plus tard ce sont les Ericacées qui se développent rapidement remplacées par le pin. Pendant cette phase on assiste également au déclin de l'aulne, du chêne et du noisetier. Après un période de reprise, le bouleau décline également avant de dominer les assemblages en toute fin de phase. Pour cette période, l'anthropisation du milieu est très prononcée. Cinq dates radiocarbone comprises entre 2385 ± 20 et 105 ± 15 BP viennent confirmer cette attribution.

Les apparitions de *Castanea* et *Juglans* ainsi que le développement de *Fagus* se retrouvent dans de nombreuses séquences armoricaines attribuées au Subatlantique. L. Gaudin les perçoit au Noguello à Melrand (Gaudin 2004). D. Marguerie les met en évidence, entre autres, dans les zones humides de Pont-Hir, Kerjolis et Revelen (Marguerie 1992). Dans le nord-mayennais, D. Barbier rencontre également ces taxons marqueurs sur la tourbière de Glatinié et celle de la Baforière (Barbier 1999).

3.2 L'anthropisation du milieu

La réalisation de diagrammes simplifiés mais également celle de diagrammes Société/Végétation permet de mettre en évidence plusieurs phases d'anthropisation du milieu. Elles sont visibles grâce à plusieurs indices tels que la diminution du taux de pollen d'arbres qui indique une ouverture du milieu, l'expansion des taxons rudéraux et adventices, comme l'oseille ou le plantain, et bien sûr la présence d'espèces cultivées (les céréales, le chanvre, le châtaignier…).

3.2.1 Les zones régionales 1 à 6

Les zones polliniques régionales PAIM 1 à 6 ont été attribuées aux chronozones allant du Dryas récent à l'Atlantique ancien. Elles couvrent donc une chronologie allant de 10700 BP (10700 BC) à 6200 BP (5100 BC environ). Pendant cette période la péninsule armoricaine connaît les occupations des groupes du Paléolithique final jusqu'à ceux plus récents du Néolithique ancien.

Seule la séquence du Pas de la Chèvre a enregistré l'évolution du paysage pour les phases régionales 1 à 5. La zone 6 bénéficie en plus de la base de la séquence de Trécélien. Ces attributions reposent sur trois datations radiocarbone aux résultats compris entre 10605 ± 30 BP et 8195 ± 25 BP, sur la continuité de la séquence pollinique du *Pas de la Chèvre*, entre les zones 2 et 6, et sur la comparaison avec d'autres travaux. Pour la phase TRE I, l'attribution à l'Atlantique ancien s'appuie uniquement sur la similitude des assemblages polliniques avec ceux de la séquence du Pas de la Chèvre.

Au cours de ces 6 premières phases les données polliniques décrivent l'environnement dans lequel les sociétés de chasseurs-cueilleurs de la fin du Paléolithique et du Mésolithique ont évolué. En revanche, elles ne montrent pas d'indices évidents d'influence de ces populations sur leur environnement.

Les taux importants de plantes qualifiées de rudérales et adventices observées lors des phases PAIM 1 et 2 correspondent en effet aux taxons steppiques encore présents dans l'environnement au sortir de la dernière période glaciaire. Les limites de la détermination pollinique et ne nous permettent pas de différencier dans ces familles et genres les espèces liées à l'anthropisation de celles présentent dans les steppes. Seule les occurrences d'espèces plus psichrophyles dans les cortèges polliniques, comme le pin et le genévrier, suggère une

prédominance des commandes climatiques dans l'évolution de la végétation par rapport aux actions anthropiques.

Pendant les zones régionales 3 à 5, le milieu se ferme. Une forêt à pin se développe remplacée ensuite par une forêt caducifoliée à chênes et noisetiers. Les fréquences des « rudérales » diminuent légèrement, sans doute en liaison avec de plus faibles perturbations du milieu. Les quelques pics d'« adventices » qui se dessinent sur le diagramme Société/Végétation du pas de la Chèvre traduisent en fait l'apparition très ponctuelle de l'oseille dans le cortège pollinique.

Cette absence d'indices d'anthropisation du milieu et notamment de cultures pour cette période antérieure à 5000 BC est en accord avec les données archéologiques actuelles. Ces dernières placent en effet l'arrivée des premiers agriculteurs dans le Nord-Ouest de la France aux alentours de 4700 BC (cf. 2.3 et 2.4). Seules quelques analyses polliniques, issues principalement du bassin aval de la Loire, sembleraient indiquer une présence plus précoce de l'agriculture, dès le VIème millénaire avant notre ère (Visset et al. 2002). Ces résultats très discutés sont à considérer avec prudence car une grande partie de ces occurrences de « céréales » sont accompagnées de taxons caractéristiques de milieux littoraux, où certaines graminées sauvages possèdent des pollens aux caractéristiques très voisines de celles du type « *Cerealia* » (Chester & Raine 2001 ; Reille 1995 ; Reille 1992).

3.2.2 La zone régionale 7

Elle est rattachée à l'Atlantique récent. Elle a été enregistrée uniquement à la base de la séquence du *Gué Mony* et sans doute de façon incomplète. Aucune datation radiocarbone ne permet de préciser la période chronologique perçue lors de la phase GMO I. Les limites de chronozones nous permettent toutefois de l'estimer de façon large entre 6200 BP (5100 BC) et 4800 BP (3500 BC). Au cours de ce laps de temps l'Armorique connaît essentiellement la présence de groupes du Néolithique moyen.

Comme sur le reste du Massif armoricain (Gaudin 2004), pendant cette période les indices d'anthropisation du milieu ne sont pas observés de façon évidente. La présence d'une période au milieu légèrement ouvert au début de GMO I suggère toutefois l'existence de défrichements locaux et dont le chêne semble faire prioritairement l'objet. La présence de

« pics » d'oseille (*Rumex*) et de bruyère (Erica) dans le même niveau renforce cette hypothèse de l'enregistrement d'une fin d'occupation.

Plus tard, en fin de zone GMO Ic, les indicateurs d'anthropisation se font plus précis. A la suite d'un léger défrichement le cortège des espèces anthropiques se diversifie et est accompagné d'une occurrence de *Fagopyrum* et de *Cannabis/Humulus*. La présence d'une population agricole sur le massif semble se confirmer. Elle aurait cultivé le blé noir et peut-être également le chanvre, certainement à côté d'autres cultures. Toutefois, l'histoire de la domestication et de la diffusion de ces deux taxons est assez peu renseignée et l'attribution de ces pollens au Néolithique moyen les place parmi les plus anciennes mentions connues.

En effet, *Fagopyrum*, aussi appelé couramment blé noir ou sarrasin, a longtemps été considérée comme introduite au Moyen Âge, suite aux croisades. Mais le développement des analyses polliniques a révélé sa présence au cours des périodes antérieures. En Belgique, dans la région de la Campine, A.-V. Munault l'atteste de façon très développée pendant l'âge du Fer (Munault 1967). Il est ponctuellement observé dans les tourbières armoricaines pendant l'âge du Bronze (Visset 1979 ; Marguerie 1992 ; Cyprien 2002). Au Néolithique récent/final il est encore plus rare mais s'observe dans diverses régions françaises, notamment en contexte funéraire (Roux 1967 ; Diot 2002 ; Miras et al. 2004 ; Girard 2006). Pour le Néolithique moyen, seulement deux autres études attestent de sa présence : une dans le Finistère (Van Zeist 1964) et l'autre dans l'estuaire de la Loire (Visset 1979). Comme à Paimpont, ces occurrences sont datées à partir des cortèges polliniques et aucune datation absolue ne vient confirmer ces attributions chronologiques. De plus, dans notre étude, le niveau où se trouve le pollen de *Fagopyrum* se situe presque au sommet des dépôts argileux, juste avant un hiatus sédimentaire. Une origine intrusive ne peut donc pas être totalement écartée même si elle paraît peu probable à cause de la distance d'environ 1m qui sépare cette occurrence de la suivante dans la séquence.

En ce qui concerne la culture du chanvre, sa présence ne peut être que supposée puisque les pollens de *Cannabis* ne peuvent être que très difficilement différenciés morphologiquement de ceux de *Humulus* (Whittington & Edwards 1989). Ce dernier pousse à l'état sauvage dans les lieux humides et frais (Rameau et al. 1989). En outre, aucune mention archéologique de son exploitation n'a été découverte avant l'âge du Fer (Bouby 2002). Toutefois, son apparition aux côtés du blé noir et de la multiplication des taxons anthropiques plaide en faveur de sa présence et de sa culture.

3.2.3 La zone régionale 8

Cette zone pollinique régionale est attribuée au Subboréal. Ce dernier couvre une chronologie comprise entre 4800 BP (3500 BC) et 2600 BP (900 BC), soit du Néolithique récent jusqu'à la fin de l'âge du Bronze.

Cette période a été enregistrée sur six phases écologiques réparties au sein de trois séquences polliniques. L'attribution chronologique se base sur cinq dates radiocarbone allant de 3775 ± 20 BP (2286 – 2137 BC) à 3030 ± 15 BP (1381 1219 BC), soit toutes pendant l'âge du Bronze.

3.2.3.1 Le néolithique récent et final (3500 BC – 2200 BC)

La phase GMO II n'a pas été datée, mais son antériorité à la date de 3645 ± 330 BP (2134 – 1926 BC) permet de la faire correspondre au Néolithique récent/final.

Les cortèges polliniques décrivent un paysage qui s'ouvre de plus en plus dans un secteur où la forêt reste tout de même bien présente. Les graminées se développent tandis que le noisetier et le tilleul, puis le chêne diminuent. La présence de pollens de céréale atteste d'une pratique agricole dans ces terrains défrichés. Mais le développement des rudérales, principalement le plantain lancéolé, indique très vraisemblablement une vocation plus pastorale de ces espaces. En fin de période, l'apparition simultanée des Campanulacées, de l'ajonc et de la bruyère atteste d'une installation des landes dans le paysage.

Ces résultats contrastent avec ceux obtenus par D. Marguerie lors de l'étude des paléosols des sites de « l'Hôtié de Viviane » et du « Jardin aux Moines » (Marguerie 1992 ; Briard 1989). Ces deux études avaient montré la présence d'un environnement semi-boisé à frênes et noisetiers dominants. L'absence de pollen de céréale était interprétée comme un isolement de ces vestiges par rapport aux implantations humaines, contrairement au site de la Ville Bouquet (Ploërmel) où céréaliculture et pâturage étaient bien enregistrés. La différence entre ces enregistrements peut s'expliquer de deux façons. Premièrement, les analyses réalisées par D. Marguerie portaient sur des échantillons minéraux prélevés intrasite. Ce type de matériel présente fréquemment des déformations du spectre pollinique suite à une mauvaise conservation du matériel, ce qui semble le cas ici au vu de la présence d'un faible nombre de types polliniques (21 et 15, spores comprises) et de la forte représentation des spores (jusqu'à 30% du spectre).

D’autre part, la présence d’un environnement semi-boisé à proximité de ces deux sites s’explique sans doute par la nature des sols environnants. En effet, « l’Hôtié de Viviane » et le « Jardin aux Moines » se situent dans la partie occidentale du massif de Paimpont. Ce secteur est caractérisé par un relief marqué où les schistes rouges affleurent fréquemment. Les sols sont peu épais. Dans de telles conditions, il apparaît très probable qu’une végétation de type chênaie caducifoliée ne puisse pas se développer. La dynamique végétale doit sans doute s’interrompre au stade des landes basses ou hautes, au mieux, localement, sous la forme des boisements clairs à noisetier et frênes perçus par D. Marguerie.

3.2.3.2 L’âge du Bronze (2200 BC – 900 BC)

Il a été enregistré dans le reste des phases écologiques attribuées au Subboréal, soit 5 phases réparties sur trois séquences : le *Pas de la Chèvre*, le *Gué Mony* et les *Noës Blanches*. Les cinq datations obtenues pour cette chronozone confirment cette attribution chronologique.

Dans l’ensemble des enregistrements, l’environnement apparaît relativement fermé avec 80% de pollen d’arbres en moyenne. Seul le site du *Gué Mony* présente des taux d’AP plus faibles (50%) à cause d’une plus forte présence des Cypéracées au niveau local. Une chênaie mixte domine.

L’analyse des indices d’anthropisation du milieu indique une occupation hétérogène de l’espace sur le territoire de Paimpont. Les deux séquences situées dans l’actuelle Haute-Forêt enregistrent de façon régulière des taux de Poacées compris entre 15 et 30%, témoins de la présence de zones ouvertes. Dans celles-ci devaient s’implanter des sites d’habitats autour desquels étaient cultivés des céréales, du blé noir et sans doute du chanvre dont les pollens ont été retrouvés de façon régulière dans les échantillons. Leur association avec de légères hausses des cortèges rudéraux peut également indiquer la présence du pastoralisme dans ce secteur.

A l’inverse, sur la séquence du *Pas de la Chèvre*, les témoins d’implantation humaine sont très rares. Les NAP sont dominés par les Cypéracées qui correspondent à la végétation locale. Les graminées ne dépassent jamais quelques pourcents. Le cortège des anthropiques reste assez stable, tant au niveau de ses fréquences que de sa diversité. Seule l’observation d’un pollen de *Cerealia* au niveau 121 peut attester de la présence de populations humaines. Toutefois, son isolement dans la séquence et l’absence d’autres indices polliniques d’anthropisation peuvent plaider pour une origine lointaine de ce pollen.

Il apparaît ainsi qu'au cours de l'âge du Bronze les sites d'habitats se seraient localisés sur les hauteurs du massif de Paimpont tandis que les plateaux avoisinants étaient délaissés. Ces sites d'habitats ne sont pas connus à Paimpont. En revanche, plusieurs sites funéraires ont été inventoriés. Même si tous n'ont pas pu être datés avec précision, leur répartition préférentielle dans la partie occidentale de la forêt atteste de cette occupation différentielle du territoire par les populations de la fin du Néolithique et de l'âge du Bronze.

Le développement de la présence humaine sur le massif de Paimpont pendant l'âge du Bronze avait déjà pu être mis en évidence par D. Marguerie. Lors de ses travaux sur les sites mégalithiques du « Tombeau des Géants » et de la « Butte de Tiot », il a montré une augmentation des taux de rudérales, notamment le plantain et l'oseille. Elle atteste d'une plus grande fréquentation des lieux par l'homme (Marguerie 1992 ; Briard 1989). Mais, comme pour le Néolithique final, les paysages décrits par ses données polliniques sont certainement à considérer avec précaution. En effet, ici encore, une déformation des cortèges polliniques liée à la nature du sédiment est à envisager. Elle est suggérée par les taux importants de spores et de pollens d'Astéracées observés.

A l'échelle du Massif armoricain, les travaux d'interpolation menés par L. Gaudin sur les taux de pollen d'arbres montraient également un paysage plus ouvert que pendant le Néolithique, notamment au niveau du littoral (Gaudin 2004). Dans le secteur de Paimpont ses simulations ne montraient pas de variations particulières. Ceci s'explique tant par les données utilisées que par les intervalles choisis pour ses représentations graphiques. En effet, pour son modèle L. Gaudin n'a pris en compte que les études en contexte naturel, rejetant ainsi les données du secteur de Paimpont. De plus, pour représenter les résultats il a produit des cartes où figuraient 5 catégories de taux d'AP. Chacune correspond à un intervalle de 20%, ce qui est inférieur aux variations observées dans nos séquences.

La présence d'un pollen de *Castanea* au niveau NBL 160cm semble indiquer la culture du châtaignier à cette période. Bien qu'il existe quelques occurrences contemporaines sur le Massif armoricain (Ouguerram 2002 ; Barbier 1999), le développement de cette essence se produit le plus généralement à la fin de l'âge du Fer et pendant la période romaine (Gaudin 2004). Il est donc probable qu'il s'agisse ici d'un pollen intrusif dont la présence est liée soit à des phénomènes de percolation, soit à une contamination lors du prélèvement.

3.2.4 Les zones régionales 9 à 13

Ces zones polliniques régionales 9 à 13 ont toutes été attribuées au Subatlantique, qui couvre l'ensemble de la période entre 2600 BP (800 BC) et nos jours. Elles couvrent donc l'ensemble de l'âge du Fer (800 – 50 BC), de la période romaine (50 BC – 476 AD) et du Moyen Âge (476 – 1450 AD), mais également les époques modernes et subactuelles, depuis 1450 AD.

3.2.4.1 L'âge du Fer

Il ne semble avoir été enregistré que sur la séquence du Gué Mony. Les phases GMO IV et V peuvent lui être attribuées sur la base de leur postériorité à GMO III datant de l'âge du Bronze et surtout de la datation à 2385 ± 20 BP (516 – 396 BC) au niveau GMO 56-57cm. Cette dernière étant situé à la fin la zone GMO V, il apparaît que seul le Hallstatt est présent.

Au cours du Premier âge du Fer, l'implantation humaine semble se faire en deux temps. Tout d'abord, au cours de GMO Ib, le milieu est fermé. Le paysage est dominé par la chênaie caducifoliée. Les taux de graminées avoisinent les 10%, trahissant la présence de secteurs plus ouverts. Dans ceux-ci, aucune présence humaine n'est discernable. Les rudérales et les adventices sont peu diversifiées. Aucun indice de culture n'est présent. L'observation d'un pollen de *Cannabis/Humulus* ne permet pas à lui seul de certifier la présence du chanvre cultivé puisqu'il peut correspondre à du houblon sauvage sur la zone humide.

Puis dans un second temps le milieu s'ouvre. Les Poacées présentent des fréquences environ trois fois plus élevées. Elles s'accompagnent d'un cortège d'anthropiques plus diversifié et plus important. Le plantain et l'oseille se développent. Des populations fréquentes le massif et y mènent certainement leur bétail en pâture. En revanche, au cours de cette phase, les taxons cultivés sont presque totalement absents. Un seul pollen de céréale a été observé dans la phase GMO V. Il témoigne sans aucun doute d'une présence de l'agriculture. Toutefois, l'isolement de ce pollen au sein du diagramme traduit sans doute la pratique de la céréaliculture à quelque distance du point de prélèvement.

Avec un seul enregistrement pour cette période, il est assez difficile de comparer l'évolution de l'anthropisation du milieu sur Paimpont avec les travaux antérieurs. Toutefois,

si l'on suppose que la séquence du Gué Mony est représentative de l'ensemble du secteur, il semble se produire une baisse de la présence humaine au début du premier âge du Fer. Puis les populations fréquentent de nouveau le territoire sans pour autant s'y établir de façon évidente. Les habitats et les zones cultivées se répartissent autour du massif. Cette évolution dans l'occupation et l'exploitation du territoire apparaît contradictoire avec la dynamique régionale perçue par L. Gaudin à cette période, mais elle est confirmée par les nombreuses découvertes d'enclos en bordure de forêt par M. Gauthier (1999). Il faut toutefois prendre en considération l'impossibilité de découvrir des sites archéologiques dans les zones boisées lors de prospection aérienne. Ainsi, l'absence de vestiges d'habitat de l'âge du Fer en forêt est plus à considérer comme un problème méthodologique que comme un réel abandon du massif par les sociétés du premier âge du Fer. Il est également possible que les populations aient occupé autrement ce territoire, déplaçant leur habitat des hauteurs vers les plateaux de l'actuelle Basse-Forêt.

Une autre hypothèse à considérer pour comprendre ce changement dans l'occupation du territoire est sans doute le développement de la métallurgie du fer et ses implications dans la société. Les exemples ethnographiques sont tous issus des sociétés africaines. Ils montrent que les forgerons forment généralement une caste fermée, qui conserve jalousement ses secrets. Ils sont considérés comme les maîtres du feu et peuvent assumer des rôles de guérisseurs, de témoins, de juges… Eloignés des décisions politiques leur volonté n'en est pas moins à suivre car pour certaines cultures « Dieu les a fait chefs » (Fouchier 1983 ; Heusch 1956). Dans la société hallstattienne, la métallurgie du fer émergeait. Les forgerons devaient être peu nombreux et leurs productions destinées à la classe dirigeante. Cette conjonction a pu leur attribuer une place particulière dans la société, peut-être un statut proche de celui des forgerons africains. Peut-être étaient-ils tenus légèrement à l'écart comme dans le monde arabe (Chelhold 1954). Entre sa richesse en matières premières (bois, minerai) et sa place dans le paysage (Reault 1989), le massif de Paimpont a pu être un espace particulier, fréquenté essentiellement par les métallurgistes. Cette hypothèse ne peut actuellement pas être approfondie faute de données complémentaires (impossibilité de dater les vestiges en contexte forestier, manque de données sur l'anthropisation en Basse-Forêt…).

3.2.4.2 La période romaine

Grâce à deux datations, 1925 ± 30 BP et 1570 ± 20 BP, les phases TRE II et III peuvent être associées à la période romaine. Elles ne présentent aucun hiatus sur une hauteur de 60cm et en fournissent ainsi un enregistrement dilaté (10cm de sédiment par siècle). Elles correspondent respectivement au Haut et Bas Empire.

La phase NBL IV ne bénéficie pas de datation. Toutefois la présence de quelques occurrences de *Castanea* et sa postériorité à un hiatus qui la sépare de l'âge du Bronze nous incite à l'attribuer également à la période romaine. Sa forte similitude avec TRE III suggère même un enregistrement du Bas Empire.

Pendant la première moitié de la période romaine, l'anthropisation de Paimpont paraît relativement faible. La phase TRE II enregistre un environnement très boisé où la chênaie mixte domine. Le cortège peu abondant et divers des taxons anthropiques renforcent cette impression d'abandon du secteur. De plus, aucune plante cultivée n'a été observée pour cette période. Le *Cannabis*/*Humulus* du niveau 165cm pouvant encore une fois correspondre tout aussi bien à du houblon sauvage qu'à un indice de culture du chanvre.

Au Bas Empire, la situation s'inverse. La chênaie recule. Les secteurs défrichés servent à l'installation de populations nouvelles. La plus grande fréquentation des lieux se traduit par une augmentation de la diversité des espèces rudérales. Dans ces clairières, l'agriculture s'installe. Encore discrets, les pollens de céréales réapparaissent. Ils sont accompagnés de quelques pollens de *Cannabis/Humulus* qui pourrait trahir la culture du chanvre. A cette période, les premières mentions de châtaignier et de noyer sont rencontrées dans les diagrammes. Elles témoignent de l'introduction de ces espèces mais surtout d'une présence de la fruiticulture dans la région.

Cette dynamique de fermeture aux premiers temps de la période romaine puis d'ouverture lors du Bas Empire constitue au premier abord une dynamique peu cohérente avec les évènements politiques contemporains. En effet, les vestiges archéologiques indiquent au contraire le développement des installations rurales entre les Ier et IIIème siècles de notre ère. A cette période l'empire romain est relativement solide et la paix semble régner sur l'ensemble du territoire. Puis, à partir de 240 AD, diverses incursions « barbares » déstabilisent l'Empire. La population semble déserter les campagnes au profit des agglomérations.

Deux éléments peuvent peut-être apporter quelques éclairages sur cette dynamique particulière. Considérons tout d'abord les données archéométallurgiques. Il est intéressant de remarquer qu'avec l'implantation de l'administration romaine en Armorique, l'activité sidérurgique du massif de Paimpont cesse. Très développée à La Tène avec plus de 200 sites identifiés, sa présence n'est plus qu'anecdotique au début de notre ère. Une activité de forge a été mentionnée au « Château de Sainte Onenne » à Tréhorentec (Le Claire 1928) et quelques scories écoulées, probablement romaines, ont été découvertes dans le bourg de Paimpont (Oillic 2010). Un dernier site est l'atelier de Couédouan daté entre les IIème et IVème (127 - 370 AD, Larcher 1991 ; 1992 ; Vivet 2009), mais dont les scories de type piégé suggèrent la persistance d'une activité locale au début du Ier siècle. Ces témoignages sont bien loin des ateliers monumentaux connus pour le Haut-Empire. Dans la Sarthe F. Sarreste a dénombré une cinquantaine d'ateliers ayant produit chacun plusieurs centaines de tonnes de scories (Sarreste 2008). Mais l'exemple le plus marquant de la sidérurgie romaine reste sans nul doute le site des Martys dans l'Aude, dont le volume des ferriers avoisinent 300 000m^3 (Decombeix et al. 2000). Il convient de s'interroger sur les facteurs qui ont engendré cette déprise de l'activité métallurgique dans un secteur qui fournissait l'ensemble des matières premières nécessaires. Il paraît peut probable que l'administration romaine n'ait pas eu connaissance de cette ressource dans la péninsule armoricaine. Dans la Guerre des Gaules, Jules César mentionne le fer des navires vénètes (Constans et al. 1926). Doit-on voir dans cet abandon métallurgique un choix politique ? L'administration aurait pu chercher soit à créer des districts de production bien circonscrits comme dans la Sarthe, soit à réduire l'accès au fer des populations locales qui se sont soulevées aux premiers temps de la conquête et ont fourni régulièrement des troupes lors des révoltes gauloises (Pape 1995). Aucun texte ne nous permet d'aller plus au loin dans ces réflexions et faute d'éléments supplémentaires ces conjectures ne peuvent dépasser le rang de simples hypothèses.

L'autre point à prendre en considération est la situation géographique du massif de Paimpont. A la fin du IIIème siècle, l'insécurité crée une réorganisation sociale et territoriale de la Gaule. La population armoricaine semble se regrouper derrière les nouvelles murailles des agglomérations de *Darioritum*, *Condate* et *Condevicnum* pour échapper aux raids pirates qui touchaient le littoral et pouvaient sans doute remonter les fleuves les plus importants. Le massif de Paimpont se situe au cœur de la péninsule armoricaine, à une soixantaine de kilomètres des côtes nord et sud, et à une vingtaine de fleuves navigables. Cette distance a pu

créer un contexte de plus grande sécurité pendant le Bas-Empire. Des populations ont pu s'y installer et leur présence est révélée par les données polliniques. La présence de toponymes bretons dans la région suggère qu'une partie des habitants puisse être originaire de Bretagne insulaire, mais aucune donnée matérielle ne vient actuellement conforter cette hypothèse. En revanche, à Guer (Morbihan), du mobilier métallique germanique a été découvert dans trois sépultures du IVème siècle. Il atteste de la présence de troupes germaniques, sans doute des Lètes, dont la présence est mentionnée par la « *Notitia Dignatum* » (Petit 1970).

3.2.4.3 Le Moyen Âge

Les phases TRE IV, TRE Vg, NBL V, GMO VI, CPC VIII et le début de CPC IX peuvent lui être attribuées. Seule TRE Vg bénéficie d'une datation : TRE 57-59cm (510 ± 55 BP : 1304 – 1478 AD). Les phases issues des Gué Mony et du Pas de la Chèvre font suite à un hiatus. Elles ont été rapprochées de TRE IV sur la base de leurs cortèges polliniques relativement similaires. La zone CPC VIIIq présente un paysage plus fermé. Il ressemble à la phase NBL V. Celle-ci succède à une phase attribuée à la fin de la période romaine. Elle appartient donc également à la période médiévale et mais couvre sans doute le Haut Moyen Âge. Cette hypothèse s'appuie notamment sur la faible présence de *Castanea* dans cette phase alors qu'il bien développée dans les autres qui sont calées plus solidement pendant la seconde moitié du Moyen Âge.

Le Haut Moyen Âge est donc représenté par les cortèges polliniques de NBL V et CPC VIIIq. Il apparaît comme une période de recul d'occupation du massif. Les fortes valeurs du chêne et du bouleau indiquent un développement des boisements tant forestiers que de ripisylve. Les indices d'agriculture sont presque totalement absents. Les autres taxons liés à la présence de l'homme décroissent aussi. Leur diversité s'amenuise. La faible présence du châtaignier ne contredit pas cette dynamique. Elle peut tout autant traduire le maintien de son exploitation que la présence d'une population de *Castanea* redevenue sauvage.

Cet abandon du territoire apparaît discordant avec la dynamique régionale perçue par L. Gaudin (2004). Dans sa thèse il note une nette réduction des AP au Haut Moyen Âge par rapport la période romaine. Ses résultats s'appuient sur une trentaine d'analyses polliniques dispersées sur l'ensemble du Massif armoricain. Mais leur répartition hétérogène crée un manque de données en Bretagne centrale. Les études les plus proches de Paimpont sont

situées à plus de 30km. Nos observations peuvent très bien ne représenter qu'une dynamique relativement locale qui n'a pu être perçue lors des travaux d'interpolation faute de données suffisantes dans le secteur.

La seconde partie du Moyen Âge est mieux représenté avec trois séquences polliniques. Sur l'ensemble du massif cette période correspond à une phase de déboisement important. A Trécélien et au Gué Mony, les *Poaceae* atteignent leurs valeurs maximales. Au Carrefour du Pas de la Chèvre, elles avoisinent 35% du cortège pollinique. L'augmentation de la courbe des céréales sur les trois sites indique une extension des terrains agricoles sur ces espaces défrichés.

A cette période, l'exploitation du châtaignier s'intensifie. Elle se marque sur les diagrammes par une augmentation des fréquences de *Castanea*. Au Pas de la Chèvre, sa courbe devient continue. A Trécélien, ses valeurs sont plus fluctuantes mais dépassent régulièrement 1% du spectre. En Haute-Forêt son installation paraît plus faible. Il ne s'installe réellement que pendant la seconde moitié de la phase GMO VI.

En parallèle, les rudérales restent très diversifiées et leur nombre augmentent. Les fréquences du plantain enregistrent une légère hausse. Ceci traduit une fréquentation du massif de plus en plus importante. Le bétail est sans doute mis à pâturer dans les bois et dans les landes.

Dans les espaces boisés restants, cette hausse de la fréquentation semble entraîner une modification de la flore. Le hêtre, peu présent auparavant, se développe nettement en Basse-forêt. Il représente 5 à 10% du cortège pollinique à Trécélien et au Pas de la Chèvre. En Haute-Forêt, des landes se développent. Après un pic en début de GMO VI, les éricacées se stabilisent autour de 5%.

La fin de la période médiévale se marque nette ment par une reconquête forestière. Sur les sites de Basse-Forêt les fréquences des Poacées chutent aux alentours de 10%. Le hêtre se développe. Au Gué Mony, cette baisse se dessine seulement dans le dernier échantillon de la phase VI. Au même moment, les cultures reculent légèrement. La fréquentation du massif décroît faiblement, ce qui se traduit par une baisse des taxons rudéraux.

L'évolution paysagère décrite par les données polliniques pour cette seconde partie du Moyen Âge coïncide avec la dynamique régionale dégagée dans les travaux de L. Gaudin à partir des données antérieures (Gaudin 2004). Il perçoit également une phase d'ouverture du milieu suivi d'une période de reconquête forestière. Ces résultats sont en accords avec les données historiques. Pendant le Moyen Âge central (1000-1300 AD), la Bretagne connaît une

période de croissance économique. La population s'accroît et de nouvelles terres sont mises en culture. A partir de 1350 elle connaît en revanche une période de trouble (Guerre de Succession, Guerre d'Indépendance, épidémies…) provoquant une baisse démographique qui n'est certainement pas sans conséquence sur la surface des terres en culture. Certaines doivent être abandonnées. La forêt et les fourrés s'y étendent de nouveau. Dans les zones encore exploitées le bocage se développe. La multiplication des arbres en réseau linéaire dans ces terrains ouverts contribue certainement à cette perception d'un environnement plus boisé.

Les vestiges sidérurgiques fournissent également des clés pour l'interprétation de cette dynamique végétale du Second Moyen Âge. Sur le massif de Paimpont une douzaine de ferriers à scories « spongieuses » ont été identifiés. Les fouilles menées sur trois d'entre eux ont permis de les attribuer à la période médiévale. Des datations radiocarbone ont fourni les résultats de 1155 et 1421 AD avec une concentration de résultats autour du XIVème siècle. Il apparaît que ces ateliers ont fonctionné antérieurement à la date TRE 57-59cm (510 ± 55 BP), au moment de la plus grande phase de défrichement. Chacun de ces sites présente une quantité de scories comprise entre plusieurs centaines et quelques milliers de tonnes (Vivet 2009). La quantité de combustible nécessaire à leur fonctionnement (grillage, réduction, épuration et forge) devait être extrêmement importante et son origine très probablement locale. L'arrêt de ces ateliers au cours du XVème siècle a dû freiner la consommation de bois et permettre à la forêt de se développer. Sans expliquer à elle seule la dynamique paysagère perçue, la sidérurgique paimpontaise médiévale a dû participer à la dynamique de déboisement/reforestation perçue entre 1000 et 1500 AD.

3.2.4.4 La période moderne

Les données correspondant à cette période proviennent des quatre séquences polliniques. Les phases écologiques TRE V, CPC IX, GMO VIl et NBL VI présentent toutes des cortèges assez similaires. Elles ont été calées chronologiquement grâce à la postériorité de TRE V à la date 510 ± 55 BP (TRE 57-59CM : 1304-1478 AD) et la date indirecte CPC 34cm (105 ± 15 BP : 1690-1930 AD).

En Basse-Forêt, les sites de Trécélien et du Pas de la Chèvre enregistrent une courte période de reconquête forestière en début de période. Puis, sur l'ensemble des séquences, la forte présence des Poacées indique un milieu ouvert. Les courbes décroissantes d'AP attestent même d'une poursuite des déboisements. Sur les nouvelles terres défrichées, l'agriculture

continue de se développer. Le seigle s'installe de façon pérenne au côté des autres céréales dont la courbe augmente également. Le blé noir, présent de manière ponctuelle jusque là, s'installe désormais de façon continue. Les mentions de *Cannabis/Humulus* se font plus nombreuses, témoignant de la culture du chanvre sur le massif de Paimpont. La hausse de *Castanea* signe un développement de la culture de la châtaigne et peut être de l'ensemble de la fruiticulture. L'élevage semble également être présent et la forêt fréquentée. Les rudérales restent très diversifiées. Les courbes de *Plantago* et de *Rumex* augmentent.

A cette période les séquences de Trécélien, du Gué Mony et des Noës Blanches enregistrent également un développement des landes. La courbe des *Ericaceae* devient continue. Elles constituent 5 à 10% du cortège pollinique.

Dans la forêt, la flore poursuit sa transformation entamée à la fin du Moyen Âge. En dehors du site du Gué Mony, le hêtre devient l'essence majoritaire, dépassant le chêne et le noisetier.

Dans une dynamique régionale de reboisement (Gaudin 2004), notre secteur d'étude connaît une nette période d'ouverture du milieu. Cette évolution locale correspond à l'exploitation forestière pour les besoins de l'industrie sidérurgique qui se réimplante à Paimpont. Au XVIème siècle un premier haut-fourneau s'installe au Pas du Houx. Les données à son sujet sont inexistantes en dehors d'une datation radiocarbone et de l'amas de laitier visible sur le terrain (Vivet et al. 2009). Il est remplacé au XVIIème siècle par « Les Forges ». L'arrivée du procédé indirect sur le massif entraîne une hausse des besoins en bois. Sa consommation pour la production de fer peut être estimée entre 9 000 et 10 000 cordes par an, soit entre 27 000 à 30 000m^3, si l'on se base sur une lettre de Mr Nicolle administrateur des Forges au XIXème siècle (Larcher 1986). Les coupes régulières de bois ont du déstabiliser les sols. Leur érosion s'amorce. Des landes régressives s'installent ponctuellement.

3.2.4.5 L'époque contemporaine

Les sommets des quatre séquences sont attribués au XIXème et XXème siècles. Ce calage chronologique repose sur la position sommitale des échantillons dans les tourbières, une dynamique végétale similaire et la postériorité des phases CPC 10 et 11 à la date de 105 ± 15 BP non calibrée.

Sur les sites du Carrefour du Pas de la Chèvre, des Noës Blanches et du Gué Mony, deux phases d'évolution de la végétation sont enregistrées. A Trécélien, seule la première est visible, la seconde semble se dessiner mais n'apparaît pas distinctement, les dix premiers centimètres de la colonne n'ayant pas été étudiés.

La première phase d'histoire de la végétation correspond à la zone régionale PAIM 12. Sur l'ensemble du massif de Paimpont, il se produit une poursuite de l'ouverture du milieu. Sur les zones humides, le bouleau et l'aulne régressent très fortement. A Trécélien, au Gué Mony et aux Noës Blanches, *Alnus* disparaît presque. A l'échelle du massif, la forêt s'efface. Le hêtre et le charme, qui s'étaient développés précédemment, reculent. Les autres espèces sylvestres continuent de décroître. Le noisetier ne s'observe plus que rarement, le tilleul disparaît. Seul le chêne semble se maintenir dans le paysage, mais de façon assez discrète. Ces nouveaux espaces déforestés ne semblent toutefois pas destinés aux activités agricoles. En effet, pendant cette période, les indices de culture ne varient que très peu. Seule la séquence du Gué Mony enregistre une croissance de la culture du seigle. La hausse des Ericacées indique qu'à la place de la forêt ce sont des landes qui se sont installées. Que ce soit en milieu sec ou humide, elles étaient généralement rases et dominées par les bruyères. Toutefois, localement, comme au Gué Mony, des landes hautes à ajonc se développaient. Cet essor des landes trouve certainement son origine dans la création d'un second haut-fourneau aux Forges. Les besoins annuels en bois ont alors doublé. La pression sur la forêt s'accroît. L'érosion des sols s'accentue favorisant l'installation de landes régressives et la disparition des boisements.

Cette période semble assez courte. Rapidement les landes se mettent à décliner et le milieu se referme. Ce ne sont toutefois pas les espèces d'arbres observées précédemment qui permettent la reconquête forestière. Toutes demeurent à des niveaux extrêmement faibles, à l'exception du chêne qui connaît un très léger regain. Très rare depuis la fin du Préboréal, c'est le pin qui connaît un essor soudain et important. Le sapin l'accompagne de façon assez discrète, sauf au Gué Mony où sa courbe présente une nette hausse. On observe, non pas l'abandon de l'exploitation forestière, mais une évolution des pratiques sylvicoles qui cherchent à mettre en valeur les terres de landes, notamment celles de plus mauvaise qualité pour l'agriculture où « *Les semis de pins et sapins,…, offrent d'autant plus d'avantages qu'ils peuvent se faire sans de grands frais, que leur réussite est toujours certaines…* » d'après J.-L. Letrochu qui le premier en fit l'essaie en Bretagne (Trochu 1820). Sur les zones humides la végétation ligneuse se réinstalle également. Une boulaie se déploie.

Dans le même temps, il semble se produire une déprise agricole qui se traduit sur les diagrammes polliniques par une baisse de l'ensemble des espèces cultivées : céréales, blé noir et chanvre. Cette baisse est sans doute à pondérer légèrement car elle doit refléter une baisse des fréquences de plantes cultivées suite à un effet écran de la végétation locale plus important dû au développement de la boulaie sur les zones humides (Heim 1970).

4. Bilan

Au travers de l'analyse de quatre séquences, cette étude pollinique a permis de retracer l'histoire de la végétation sur le massif de Paimpont depuis le Dryas récent, soit au cours des treize derniers millénaires.

Les résultats obtenus montrent une évolution classique de reconquête du milieu par une flore forestière caducifoliée consécutivement à l'apparition de l'interglaciaire holocène. Le paysage steppique froid observé au Dryas récent se voit remplacer lentement, au cours du Préboréal, par une forêt de type taïga très largement dominée par le bouleau. Le pin, bien que moins présent que dans d'autres régions françaises, occupe tout de même une place importante dans ce nouveau décor.

Un millénaire plus tard, au Boréal, ce sont le chêne et le noisetier qui s'installent sur le massif. Leurs développements relativement rapides traduisent des conditions plus clémentes. Les températures plus douces permettent également l'installation de taxons à caractère un peu plus mésophile, comme l'orme et les premiers tilleul un peu avant 7000 BC. La transition vers une chênaie s'opère progressivement. Elle va dominer le paysage du massif durant tout l'Atlantique, c'est-à-dire entre la fin du VIIème millénaire avant notre ère et le début du IVème. Bien qu'à cette période des groupes humains semblent avoir parcouru la région de Paimpont, les données polliniques restent muettes à leur sujet. Ce n'est qu'aux alentour de 3500 BC que le signal pollinique enregistre les premières traces significatives d'anthropisation. Les premiers pollens de plantes cultivées sont enregistrés (céréales). Ils sont parfois associés à de très faibles reculs des taxons forestiers qui suggèrent l'existence de clairières où doivent se concentrer les habitats.

Pendant les millénaires suivant, les variations du climat ne semblent pas avoir joué de rôle prépondérant dans l'évolution de la flore. Le chêne et le noisetier restent les éléments essentiels du paysage. La lente régression du tilleul témoigne de température plus fraîche tandis qu'une hausse de l'humidité favorise le développement de l'aulne au niveau des zones humides. L'élément clé dans les changements observés au cours des quatre derniers

millénaires sur le secteur de Paimpont est l'homme. Sa présence reste très peu marquée dans les enregistrements polliniques jusqu'à la période médiévale. Les âges du Bronze et du Fer n'enregistrent que difficilement quelque occurrences de céréales, seuls témoins fiables d'une fréquentation du massif dans les diagrammes. A la période gallo-romaine, les installations semblent se faire plus importantes et se perçoivent discrètement au travers de quelques phases de recul du couvert ligneux, comme à Trécélien. Mais l'élément essentiel du paysage paimpontais demeure la forêt caducifoliée qui domine très largement les spectres polliniques.

C'est avec le bas Moyen Âge que l'exploitation du milieu par l'homme se fait réellement sentir dans les diagrammes polliniques. La forêt connaît un recul important alors même que les indices de cultures et de pastoralisme se développent. Les occurrences de pollen de céréales et blé noir sont désormais continues. Mais cette phase d'ouverture n'est que temporaire. Le couvert forestier se réinstalle rapidement. Sa représentation pollinique rattrape à la période moderne des niveaux similaires à ceux qu'elle connaissait à l'âge du Fer notamment. Puis, aux alentours du XVIIème siècle, sans doute sous l'impulsion des Forges, une nouvelle période de déforestation se dessine sur les diagrammes polliniques. D'abord limité à un recul des surfaces boisées ou, pour le moins, à leur éclaircissement, l'impact de l'homme sur le milieu semble entraîner un développement des landes sur le massif. Il se traduit dans les enregistrements par un essor des bruyères et ponctuellement l'apparition des ajoncs et genêts. Cette situation évolue au cours des périodes les plus récentes avec la mise en place d'une forêt où les résineux sont de plus en plus prépondérants, atteignant parfois près de 50% du signal pollinique. Les données climatiques n'enregistrant pas de péjorations majeures, cette colonisation du massif par les pins ne peut s'expliquer que par leur introduction et leur culture.

Troisième partie : approche anthracologique

1. Introduction

L'anthracologie est la discipline qui s'intéresse à l'étude des charbons de bois découverts que ce soit en contexte archéologique ou de sédimentation naturelle. Les problématiques qu'elle aborde sont diverses. A l'instar de la palynologie, l'étude des charbons de bois permet de restituer les paysages passés par l'intermédiaire de la flore ligneuse et fournit grâce aux données autécologiques de chaque taxon des informations sur les climats anciens. En contexte archéologique, cette discipline permet aussi d'aborder l'ensemble des interrogations liées aux comportements humains vis-à-vis de la gestion et de l'exploitation du bois.

Dans le cadre de ce travail de thèse, c'est essentiellement sous cet angle que les charbons de bois issus des ateliers sidérurgiques de Paimpont ont été examinés. A travers l'identification des essences mais également l'examen des plans ligneux l'objectif de cette approche est de comprendre comment les forgerons du massif de Paimpont se sont approvisionnés en combustible pour réaliser leurs opérations de réduction du minerai de fer. De plus, cette partie du mémoire de thèse vise à comprendre la manière dont le massif forestier a pu être géré au cours du temps. Pour cela, nous nous appuierons, entre autres, sur les mesures de calibres.

Enfin, les approches paléopaysagères ne seront que peu évoquées dans la suite de cette partie. Ceci s'explique par l'application de la méthode sur un territoire homogène et de faibles dimensions, mais également à une période chronologique aux variations climatiques assez peu marquée, les trois derniers millénaires. Ces deux contraintes inhérentes à la zone d'étude ne permettront probablement pas de percevoir des changements de flores liées au climat ou à un approvisionnement en combustible dans une aire différente comme cela peut être perçu en contexte montagnard notamment (Joly 2008).

Méthodologie

1.1 Les prélèvements

Tous les échantillons anthracologiques ont été prélevés sur des sites de réduction du minerai de fer. Ils proviennent soit de prélèvement en masse du sédiment, soit, d'une collecte à vue. Cette dernière entraîne un ramassage préférentiel des charbons de plus gros volume, il en découle forcément une surreprésentation des taxons arborescents par rapport aux espèces arbustives ou buissonnantes.

1.2 Identification et comptage

La carbonisation entraîne une modification du bois. Cette transformation du matériau varie alors en fonction de l'espèce, de ses dimensions, et enfin, de l'intensité et de la dynamique du phénomène de combustion et des conditions physico-chimiques du sol. Une perte de 70 à 80 % de la substance provoque des retraits de 7 à 13 % transversalement et de 12 à 25 % dans les plans longitudinaux. Les parois cellulaires carbonisées n'ont plus, alors, qu'une épaisseur comprise entre le quart et le cinquième de leur valeur d'origine (Schweingruber 1990). Toutefois, ces modifications ne modifient que très peu l'organisation anatomique du bois.

L'identification d'un charbon de bois est donc possible à partir de l'observation de ses structures anatomiques (taille, forme, disposition) selon trois plans orientés (Figure 44).

Le plan transversal, perpendiculaire à l'axe de la tige, porte les cernes de croissance. Chez les espèces à zone poreuse, comme le chêne caducifolié, chacun de ces cernes se compose d'une zone à gros pores (le bois de printemps ou initial) et une autre de beaucoup de plus petits (le bois d'été ou final).

Le plan longitudinal radial passe par l'axe du tronc. Il permet l'observation des vaisseaux dans leur longueur, ainsi que celle de l'homogénéité des rayons ligneux.

Le plan longitudinal tangentiel est perpendiculaire aux deux précédents. Tangent aux cernes, il permet d'observer, notamment, la largeur et la hauteur des rayons ligneux.

Sur chacun des échantillons, les trois plans d'observation sont réalisés par cassure manuelle ou à l'aide d'un scalpel. La coupe transversale est généralement la première à être observée à la loupe binoculaire (7,5 à 75 x), puis on s'intéresse aux deux plans longitudinaux

à l'aide d'un microscope optique à réflexion (au grossissement 200 à 1000 x). L'identification se fait ensuite par comparaison avec des atlas d'anatomie des bois (Schweingruber 1982 ; 1990; Vernet et al. 2001), la consultation de la banque de données constituée de dessins, photographies, descriptions anatomiques et la clef d'identification du logiciel « Anthraco », développé au laboratoire. Enfin, dans les cas les plus complexes, une comparaison avec des échantillons de références issus de bois actuels carbonisés peut être réalisée.

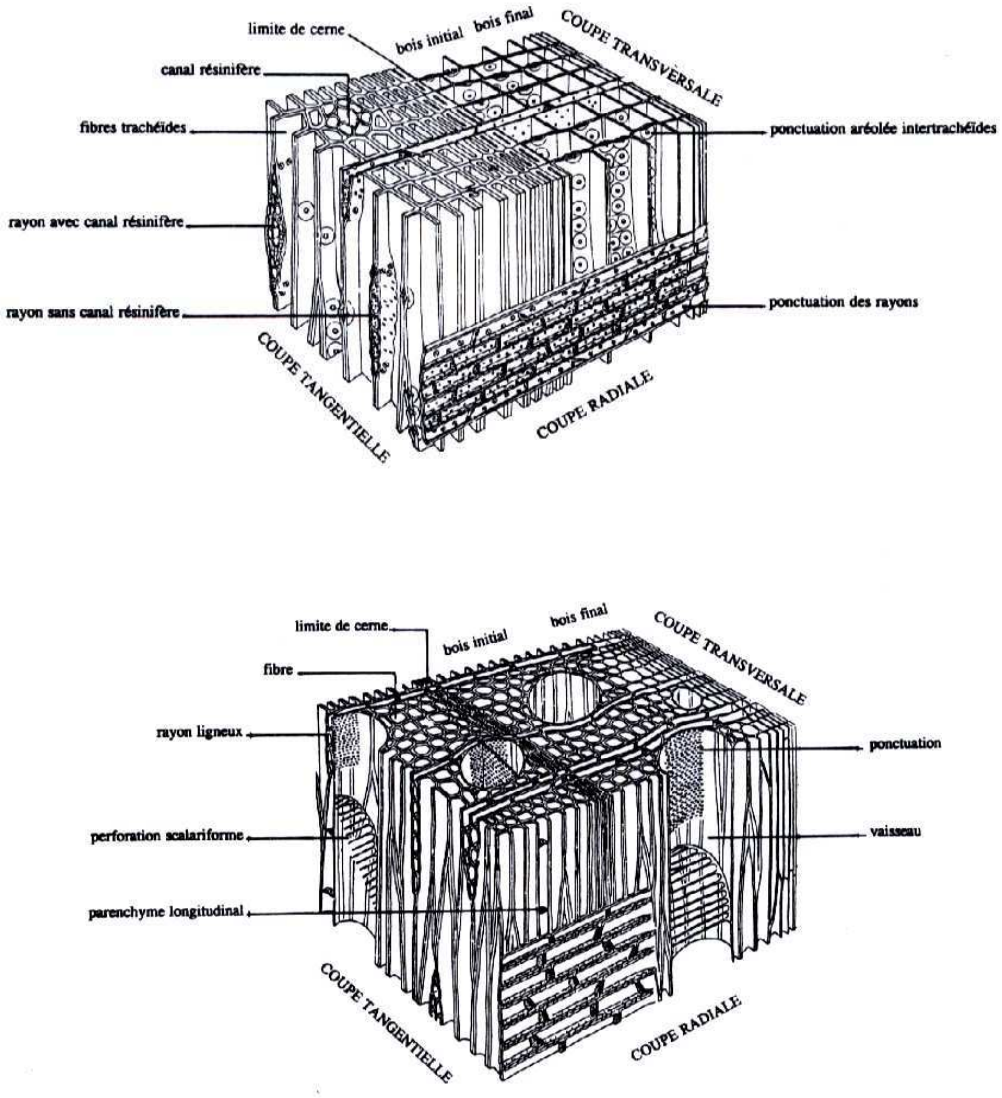


Figure 44 : Blocs-diagramme schématiques montrant la structure anatomique du bois, haut) des gymnospermes et bas) des angiospermes (Grosser 1977)

1.3 L'observation du plan ligneux

Sur chaque échantillon, l'analyse ne s'est pas limitée à l'identification de l'essence d'origine. Un examen attentif du plan ligneux à faible grossissement a également été réalisé afin d'obtenir des données d'ordre taphonomique et dendrométrique (Marguerie & Hunot 2007).

La présence de mœlle ou/et d'écorce permet de situer le charbon de bois respectivement au cœur ou à la périphérie du tronc ou de la branche d'origine. L'observation de l'écorce permet, lorsqu'elle est associée à une mesure de calibre, de calculer le diamètre d'origine. La valeur obtenue est un minimum puisque le bois connaît un phénomène de rétractation au cours de sa carbonisation (Schweingruber 1990).

Le bois de réaction est un terme générique qui regroupe le bois de compression des gymnospermes et le bois de tension observable chez les angiospermes. Il se forme unilatéralement dans les parties coudées des troncs et des branches, en réaction à une tension anormale, c'est-à-dire qui s'exerce dans une direction autre que la verticale (effet du vent, du poids des branches…). Il se traduit, sur la coupe transversale, par une croissance dissymétrique des cernes. Sur les charbons de faibles dimensions, il est observable sous forme de bourrelets au niveau de la paroi cellulaire.

Les thylles sont des excroissances en forme de ballonnet qui se développent dans les pores du bois et peuvent complètement obstruer les vaisseaux. Ils proviennent de cellules parenchymateuses qui traversent la paroi d'un vaisseau par les ponctuations. Leur présence en grand nombre permet de placer le charbon de bois au sein du duramen ou bois de cœur (Raven et al. 2003).

L'action d'insectes xylophages peut être observée sur certains charbons. Elle se traduit par la présence de larges galeries à l'intérieur desquelles peuvent, parfois, être préservés des restes entomologiques carbonisés. Ces traces témoignent de l'utilisation de bois mort ou envahi lors de sa période de stockage.

Sur une coupe longitudinale, de fins filaments blancs sont parfois visibles. Ils correspondent à des hyphes de champignons qui se développent à la surface du bois mort.

Les fentes de retrait sont des fissures radiales liées à la rétraction du bois lors de sa carbonisation. Longtemps considérées comme un témoin de l'utilisation de bois vert, elles semblent être un phénomène extrêmement variable tant au niveau interspécifique qu'intraspécifique (Théry-Parisot 2001).

La présence de zones d'effondrement localisé des parois cellulaires, appelées collapses, témoigne de l'utilisation de bois vert comme combustible (Théry-Parisot 2001). Toutefois, il est à noter pour les interprétations, que sur 100 % de bois vert mis au feu, seulement 15 à 20 % des charbons présentent des zones de collapse.

1.3.1 Le Calibre des bois

L'estimation du calibre des bois a été réalisée à l'aide du logiciel de traitement d'image *Leica application suite V3* couplé à une caméra Leica DFC295 montée sur une loupe binoculaire Leica M165C.

En accord avec les résultats de S. Paradis (2007), nous avons utilisé la méthode trigonométrique dans un triangle isocèle (Figure 45). Elle fonctionne de la façon suivante : le bois à l'origine est supposé avoir une section circulaire. Aussi, les rayons ligneux devraient converger vers le cœur, formant un triangle isocèle. En traçant la hauteur issue du point de rencontre des rayons, deux triangles rectangles sont formés. La longueur de leurs hypoténuses correspond au rayon du cercle. Elle peut être calculée à partir de l'angle entre les deux rayons et de la distance entre les points d'intersection de chaque rayon avec le cerne le plus externe du charbon.

Cette méthode permet d'obtenir de très bons résultats avec seulement 9 % des mesures présentant un pourcentage d'erreur supérieur à 15 %. Afin de réduire encore ces erreurs, aucune mesure n'a été réalisée sur des charbons ayant une taille tangentielle inférieure à 5 mm. Toujours selon S. Paradis, près d'un quart des mesures tests réalisées dans cette catégorie présente plus de 15 % d'erreur. De la même façon, les charbons à forte déformation ont été rejetés.

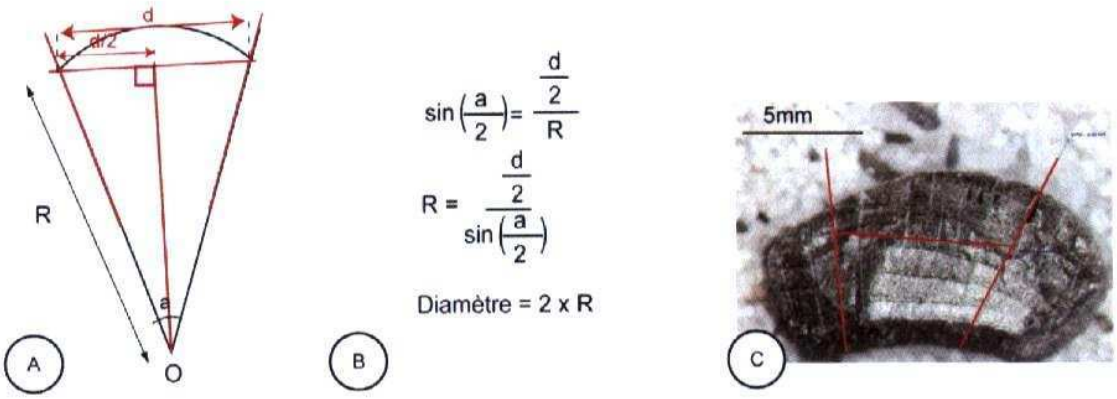


Figure 45 : Méthode de mesure du calibre basée sur la trigonométrie dans un triangle isocèle (d'après S. Paradis 2007). A) Schéma explicatif. B) Formule mathématique. C) Application à un charbon

1.3.2 La vitrification

La vitrification est un phénomène régulièrement observé au cours de l'analyse anthracologique. Elle prend la forme d'une fusion plus ou moins prononcée des structures anatomiques du bois jusqu'à le rendre, parfois, totalement inidentifiable. Plusieurs facteurs ont été avancés pour expliquer ce phénomène. En 1983, Prior et Alvin y voient la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior & Alvin 1983), hypothèse qui a été reprise régulièrement depuis la publication de leur article dans le bulletin de l'International Association of Wood Anatomists (Gale & Cutler 2000 ; Fabre 1996 ; Thinon 1992). Son observation plus fréquente, voire quasi systématique, dans les contextes d'incendie naturel et de charbonnière a également conduit à l'idée que l'utilisation de bois vert ou la pratique d'une double combustion pouvaient favoriser ce phénomène (Scheel-Ybert 1998 ; Talon 1997 ; Fabre 1996 ; Thinon 1992).

Malgré ces diverses hypothèses, la vitrification demeure un phénomène qui n'a jamais été reproduit en contexte expérimental (McParland et al. 2010 ; Braadbaart & Poole 2008 ; Théry-Parisot 2001). Ces échecs semblent assez surprenants puisque, quotidiennement depuis des siècles, la vitrification est recherchée, reproduite et maîtrisée lors de la fabrication du charbon de bois. En effet, les charbonniers évaluent la qualité du charbon qu'ils ont produit à son éclat et au son cristallin qu'il émet (Larcher 1986).

Dans une charbonnière, l'artisan cherche à obtenir une carbonisation du bois, c'est-à-dire à enrichir le bois en carbone. Pour cela, il a besoin de le soumettre à une température d'au

moins 400 C. Mais cette température est nettement supérieure à celle de combustion : 240°C. Pour empêcher que le bois ne s'enflamme, il est nécessaire d'interdire tout apport d'oxygène dans le système. Pour le charbonnier, cela se traduit par la fermeture de la cheminée de la meule lorsque du monoxyde de carbone s'en échappe (Larcher 1986).

Des conditions similaires se retrouvent dans un four de réduction du minerai de fer. Pour transformer les oxydes de fer du minerai, le forgeron a besoin d'une température élevée (1300°C dans un bas-fourneau, plus de 1600°C dans un haut-fourneau) associée à une atmosphère réductrice, riche en monoxyde de carbone.

Dans chacun de ces contextes, des charbons vitrifiés sont régulièrement rencontrés par les anthracologues. Ceci peut être dû au fait que ces deux types de structures, charbonnière et four de réduction, présentent des fonctionnements assez similaires et qu'ils se succèdent dans la chaîne opératoire de la production du fer.

Nous ne nous proposons pas ici d'expliquer les mécanismes de formation de la vitrification des charbons de bois, mais d'émettre une série d'hypothèses à partir des observations que nous avons pu réaliser sur une vingtaine d'échantillons anthracologiques récoltés en contexte sidérurgique. De plus, nous montrerons que l'observation de ce phénomène peut constituer une aide à l'interprétation des structures archéologiques, voire conduire à une meilleure compréhension des techniques sidérurgiques anciennes.

1.3.2.1 Matériel et Méthode

Les échantillons

Au cours de cette étude, 19 lots anthracologiques issus de quatre étapes de la réduction de minerai de fer ont été analysés. Ils proviennent de contextes archéologiques identifiés et d'expérimentations ou d'opérations actuelles.

Un lot de charbons provient d'un foyer de grillage du minerai. Fouillée sur le site médiéval de Péronnette (Girault, 2009), cette structure archéologique correspond aux vestiges d'un foyer ouvert, dans lequel les forgerons mettaient les blocs de minerai à chauffer. Contrairement aux autres prélèvements, les charbons de bois de ce lot ont subi une combustion en conditions de forte disponibilité en O_2.

Dix échantillons correspondent à du charbon de bois issu de charbonnage. Les deux échantillons T1 et T2 proviennent de l'industrie actuelle. Ils ont été prélevés dans des stocks utilisés lors des expérimentations de réduction citées ci-dessous.

Les prélèvements Poul-1 à 3 proviennent de charbonnières expérimentales réalisées en septembre 2008. Ces charbonnières en meule différaient par la taille des calibres de bois employés pour leur réalisation : Poul-1 ne contenait que des branches de faible calibre tandis que Poul-2 a été montée à l'aide de morceaux de troncs refendus. Enfin, Poul-3 correspond à un mélange des calibres utilisés dans les deux précédentes.

Sur le site de Péronnette, une tranchée d'une douzaine de mètres de longueur a été réalisée dans une charbonnière de la période subactuelle. Elle a révélé une alternance d'horizons cendro-charbonneux et de niveaux de limon compact (N. Girault com. Pers.). Les échantillons PerC.1 à 4 ont été prélevés dans cette charbonnière. Chacun d'eux correspond à un prélèvement de 10 litres de sédiment récupéré lors de la fouille par passes de 5 cm d'épaisseur, en respect des limites stratigraphiques.

Le dernier lot de charbon de bois a été récolté sur le site médiéval du Vert Pignon III (Vivet 2009b). Il est issu d'une vaste fosse ovoïde, qui correspond à un lieu de stockage du charbon de bois avant son utilisation par l'atelier métallurgique.

Six lots sont issus de bas-fourneau.

Les lots Four-1 à 5 proviennent d'expérimentations réalisées à Paimpont lors d'un symposium sur la métallurgie en 2007. Bien que tous les fours aient fonctionné selon le procédé direct, ils présentaient des formes extrêmement variables (diamètre, hauteur de cheminée, ventilation naturelle ou forcée….)

FaG-St.105 est issu de la fouille réalisée en 2009 sur la ligne de Fenderie au Gué. Le bas-fourneau d'où il provient avait un diamètre d'environ 1 m. Il est daté de la Tène moyenne.

FaG-St.203 provient du même site. Il a été échantillonné dans le fond de la cuve d'un four de la Tène ancienne.

Le lot Bel-01 provient d'un amas de scories écoulées médiévales. Il correspond donc à un ou plusieurs rejets de bas-fourneau.

Enfin, le dernier échantillon a été prélevé dans un amas de laitier, résidus de l'activité d'un haut-fourneau.

Le degré de vitrification

Dans leur article de 2007, D. Marguerie et J.-Y. Hunot (2007) distinguent quatre catégories de charbons en fonction du degré de vitrification. Nos premières observations coïncidant avec les descriptions de ces auteurs, il a été décidé d'appliquer leur classification au cours de cette étude (Figure 46). Toutefois, cette méthode visuelle reste très subjective. Aussi, par souci d'homogénéisation et de standardisation de nos observations, le degré de vitrification a été déterminé exclusivement par observation de la coupe transversale, à la loupe binoculaire et sous un éclairage d'intensité constante.

Le premier groupe correspond au degré 0 de la vitrification. Les charbons ont tous un aspect mat, gris ou noir.

Dans la seconde catégorie, les charbons ont un aspect gris foncé à clair très brillant.

La troisième classe regroupe l'ensemble des charbons qui présentent des plages extrêmement brillantes, où les structures anatomiques du bois ont complètement disparues. Un charbon est attribué à cette catégorie dès qu'une de ces plages est observée.

Enfin, le dernier degré de vitrification est constitué des charbons de bois qui ont perdu la quasi-totalité de leurs structures anatomiques. Il ne persiste généralement qu'une sorte de magma informe solidifié, donnant parfois l'aspect d'être entré en ébullition. Ponctuellement, les reliefs de paroi cellulaires peuvent être observés, seuls témoins de l'origine végétale de l'échantillon qui permettent de le distinguer d'une scorie en contexte sidérurgique.

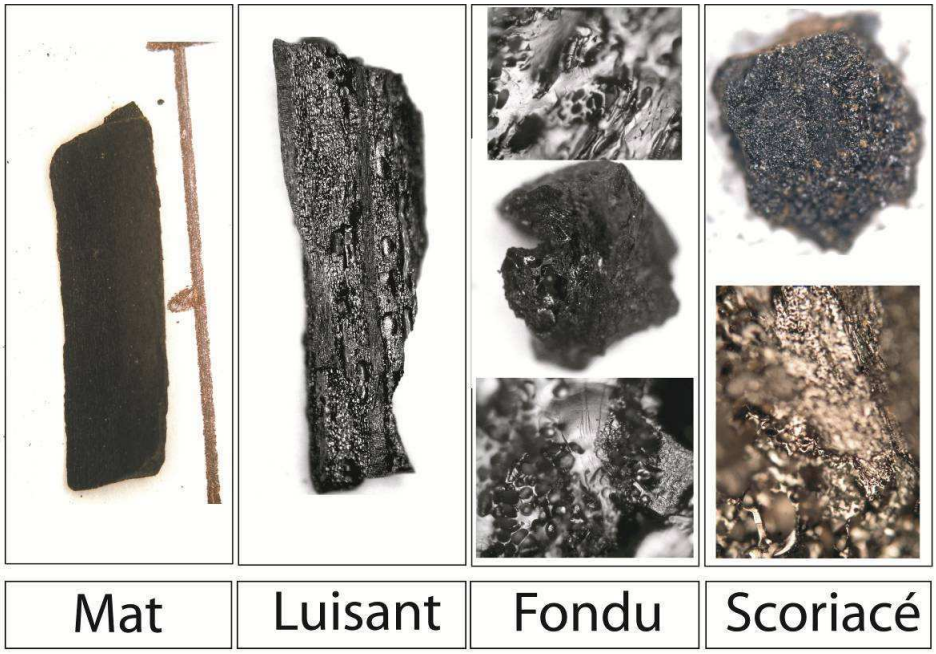


Figure 46 : Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques

Les autres observations

En plus de l'observation de la vitrification sur le plan ligneux transversal, le volume des charbons des lots T1, T2 et Four 1 à 5, a été estimé à partir de mesures prises au pied à coulisse. L'objectif de cette étape est de mettre en évidence un lien éventuel entre le degré de vitrification et le volume du charbon.

Sur ces mêmes échantillons, la taxonomie des charbons a été prise en compte. Ceux d'angiospermes ont été distingués de ceux provenant de gymnospermes.

1.3.2.2 Résultats

Le nombre minimum d'individus à analyser

Le graphique ci-dessous représente l'évolution des fréquences des degrés de vitrification au cours de l'analyse de l'échantillon T2. Comme pour l'ensemble des autres échantillons, les fréquences se stabilisent à partir de 80 charbons analysés. Toutefois, afin de conforter les observations, il apparaît préférable d'observer un échantillon composé au minimum de 100 charbons.

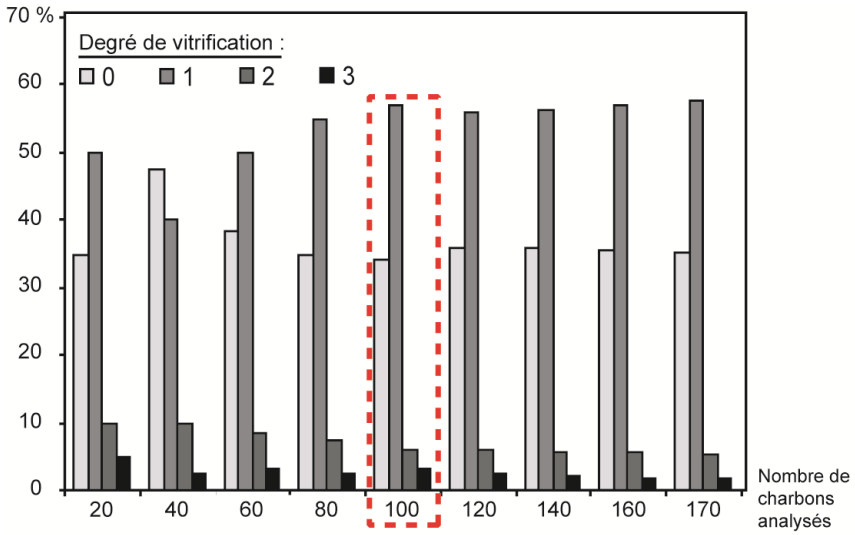


Figure 47 : Evolution des fréquences de chaque catégorie de vitrification au cours de l'analyse anthracologique du lot T2

Relation taille/Vitrification

Le graphique ci-dessous représente les variations de fréquence des charbons non vitrifiés (degré 0) en fonction de la valeur médiane de chacune des classes de volume.

Il apparaît une très nette corrélation de type logarithmique entre l'absence de vitrification et le volume des charbons (r^2 = 0,9192) : plus les charbons sont grands, plus la probabilité qu'ils ne soient pas vitrifiés croît.

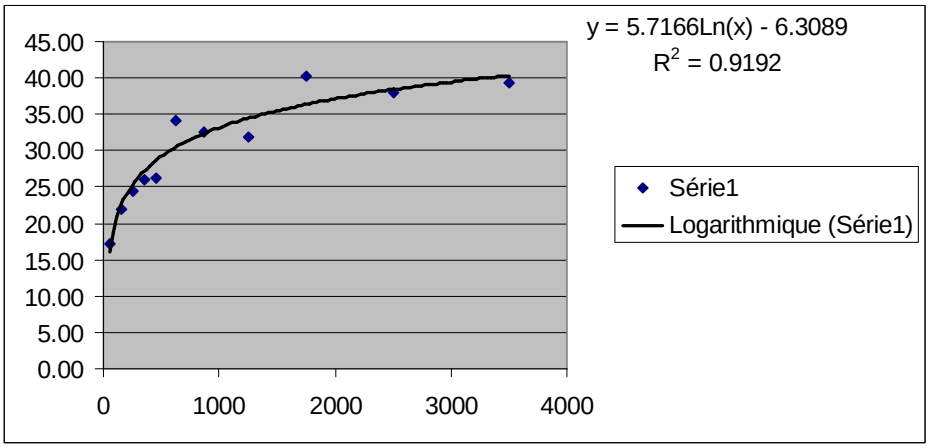


Figure 48 : Evolution de la fréquence des charbons non vitrifiés par classe de volume des charbons. Pour chaque classe, la valeur moyenne de l'intervalle a été choisie pour abscisse.

Variation Angiospermes/Gymnospermes

La Figure 49 représente le spectre de vitrification pour les échantillons T1-2 et Four 1 à 5 en fonction de l'appartenance des bois à la classe des angiospermes ou des gymnospermes.

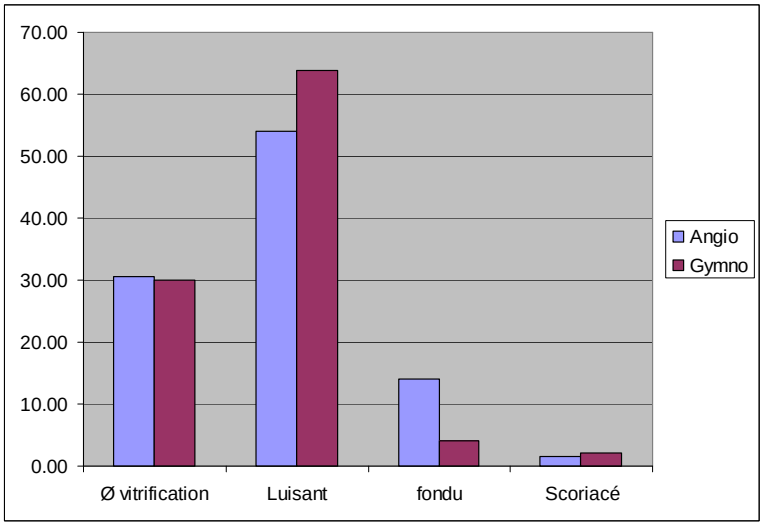


Figure 49 : Histogramme des fréquences de chaque classe de vitrification pour les angiospermes et gymnospermes.

On constate dans les deux cas, une très nette dominance de la catégorie 1 devant les catégories 0 puis 2. Toutefois, il semble que les angiospermes aient une légère tendance à présenter une plus forte vitrification : la fréquence de charbons de catégorie 2 est plus importante que chez les gymnospermes. Cette tendance se fait apparemment au détriment de la classe 1, qui est la seule à décroître par rapport aux fréquences observées chez les gymnospermes.

La vitrification au cours de la chaîne sidérurgique

Les échantillons ont été répartis sur le diagramme ternaire ci-dessous (Figure 50) en fonction de leurs fréquences en charbons vitrifiés des catégories 0, 1 et 2.

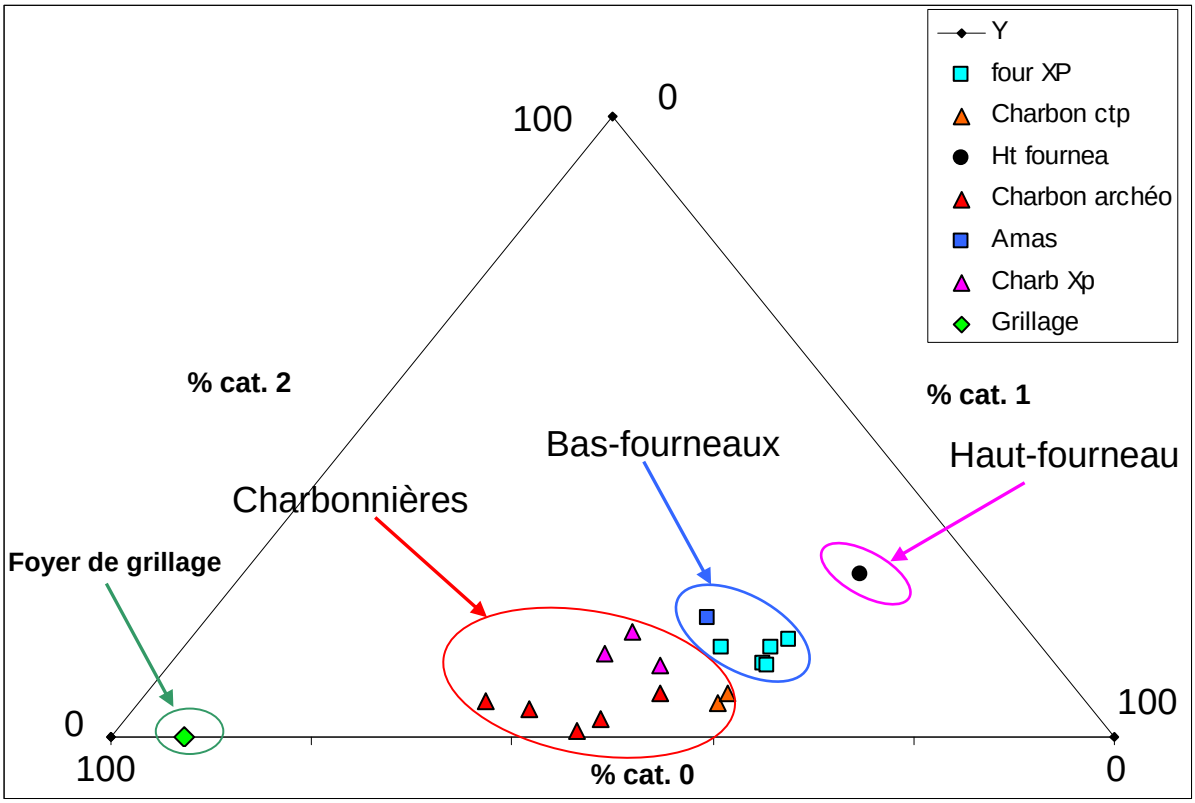


Figure 50 : Diagramme ternaire de répartition des échantillons anthracologiques en fonction de taux en charbons des catégories 0, 1 et 2

Il apparaît rapidement une certaine homogénéité en fonction des structures d'origine : Per-Fy2 s'individualise avec un taux très faible de charbons vitrifiés.

Un deuxième groupe correspond aux charbonnières. La fréquence de charbons de catégorie 0 (Mat) varie autour de 50% dans chaque échantillon.

Puis, dans un troisième groupe, qui réunit les bas-fourneaux, tous les échantillons présentent un degré de vitrification encore plus élevé. Le taux de charbons de la catégorie 0 diminue, tandis que celui des classes 1 et 2 augmente nettement.

Enfin, un dernier échantillon, issu du site du Pas du Houx, s'isole à la droite du graphique. Il est caractérisé par un grand nombre de charbons présentant une vitrification de catégorie 2.

1.3.2.3 Interprétation et discussion

Ces premières observations permettent de dégager quelques constats sur le processus de vitrification et son étude.

Tout d'abord, l'analyse de la variation des fréquences de chaque classe de vitrification dans un échantillon montre qu'un nombre minimum de 100-120 charbons doit être atteint pour que l'estimation de l'importance du phénomène soit fiable. En dessous de cette valeur, les fréquences ne se sont pas encore stabilisées. Les interprétations peuvent alors être erronées. Cette condition apparaît d'autant plus importante que les remarques qui suivent ont été établies à partir de variations de fréquences.

L'observation de la vitrification tout au long de la chaîne métallurgique montre qu'elle se réalise préférentiellement dans les structures à faible disponibilité en O_2. Sur la Figure 50, une nette séparation apparaît entre le foyer de grillage et le groupe des charbonnières et fours de réduction. La présence de quelques charbons vitrifiés dans l'échantillon issu du foyer de grillage peut probablement s'expliquer par la présence de charbons de bois issus d'une charbonnière ou d'un foyer de réduction proche. En effet, cet échantillon étant d'origine archéologique, il est impossible de rejeter avec certitude l'hypothèse d'un fonctionnement uniquement au bois. Il existe également un risque que ces charbons vitrifiés proviennent d'une « contamination » liée à la présence d'une grande quantité de charbon de bois sur le site. Plusieurs centaines de tonnes de minerai ont été traitées dans l'atelier de Péronnette, ce qui implique la consommation d'une grande quantité de charbons de bois.

Toujours à partir de l'étude de la Figure 50, il apparaît que la température du foyer est un facteur important dans la mise en place de la vitrification. Les échantillons issus de différentes étapes de la chaîne opératoire de réduction du minerai de fer (charbonnière, déchets de bas- et haut-fourneau) se répartissent le long d'un axe qui rappelle le gradient de

température au sein de ces différentes structures. Dans une charbonnière, la température peut atteindre jusqu'à 900-950°C, dans les bas-fourneaux, elle monte aux alentours de 1300-1500°C tandis que les hauts-fourneaux dépassent largement le point de fusion du fer, qui est de 1535°C. En parallèle de cette augmentation des températures, il se produit une hausse de la fréquence des charbons de catégorie 2 (fondu).

Enfin, la présence préférentielle de charbon de la catégorie 2 chez les angiospermes ainsi que la corrélation entre la taille des charbons et la présence de vitrification laisse penser que ce phénomène pourrait être lié à la présence de pressions partielles particulières dans les zones de fracture/fente des charbons. En effet, contrairement aux gymnospermes, les angiospermes peuvent posséder des rayons multisériés, qui correspondent à des zones de plus grande fragilité. Lors des retraits du bois pendant la carbonisation, ces fentes pourraient favoriser la création de poches de gaz enrichies en CO/CO_2, qui semblent favoriser la vitrification. A cause de leurs faibles dimensions, les petits charbons doivent se retrouver plus fréquemment emprisonnés dans des zones enrichies en oxyde de carbone (CO et CO_2), comme lors d'un enfouissement dans les cendres. La probabilité de formation de vitrification est alors accrue.

1.3.2.4 Conclusion

Cette étude ne constitue qu'une approche supplémentaire dans l'analyse du phénomène de vitrification. Il apparaît toutefois qu'il s'agisse d'un phénomène qui se met en place préférentiellement en conditions réductrices et à hautes températures.

Ces conclusions ne reposent actuellement que sur 19 échantillons. Il serait bon pour les confirmer d'augmenter le corpus, notamment en ce qui concerne les échantillons provenant de foyers ouverts et de hauts-fourneaux. Une seule structure de chacun de ces types a pu être analysée. Ces observations complémentaires permettraient sans doute de confirmer les premières tendances qui se dessinent ici. De plus, il conviendrait également d'analyser prochainement des échantillons issus d'autres étapes de la chaîne métallurgique comme le forgeage ou l'épuration. Ces nouvelles données permettraient peut-être de se rendre compte si les signatures de vitrification observées ici sont ou non caractéristiques de certaines étapes du travail du fer. Dans ce cas, l'analyse anthracologique pourrait, via l'examen de la vitrification, devenir une aide à l'interprétation de certaines structures archéologiques, notamment lors de

mauvaises conservations des vestiges. Les fréquences des classes de vitrification d'un échantillon pourraient alors fournir un argument quand à la nature d'une structure en contexte métallurgique.

Enfin, il est envisagé de procéder à des essais de vitrification des charbons de bois sous paramètres contrôlés, notamment en réalisant une carbonisation sous une atmosphère riche en monoxyde de carbone qui semble être un facteur au moins aussi important que la température.

2. Présentation des résultats anthracologiques

2.1 Le Bois Jacob

2.1.1 Présentation du site

L'aménagement d'un lotissement à proximité du bourg de Paimpont a permis la découverte de plusieurs scories de fond de four en 2004 et 2005. Des charbons de bois ont été prélevés à l'intérieur de ces blocs. Ils ont livré une datation correspondant au Premier Âge du Fer.

Suite à ces résultats, une fouille a été réalisée sous la direction de J.-B. Vivet au cours des étés 2006 à 2008 sur la parcelle AX 525. Elle a permis de mettre en évidence une histoire complexe du site. Au moins quatre périodes d'exploitations minéralurgiques et métallurgiques se mélangent (Vivet 2006, 2007 et 2008).

Comme l'indique les datations réalisées sur les scories de fond de four, l'activité sidérurgique sur le site du Bois Jacob débute au premier Âge du Fer.

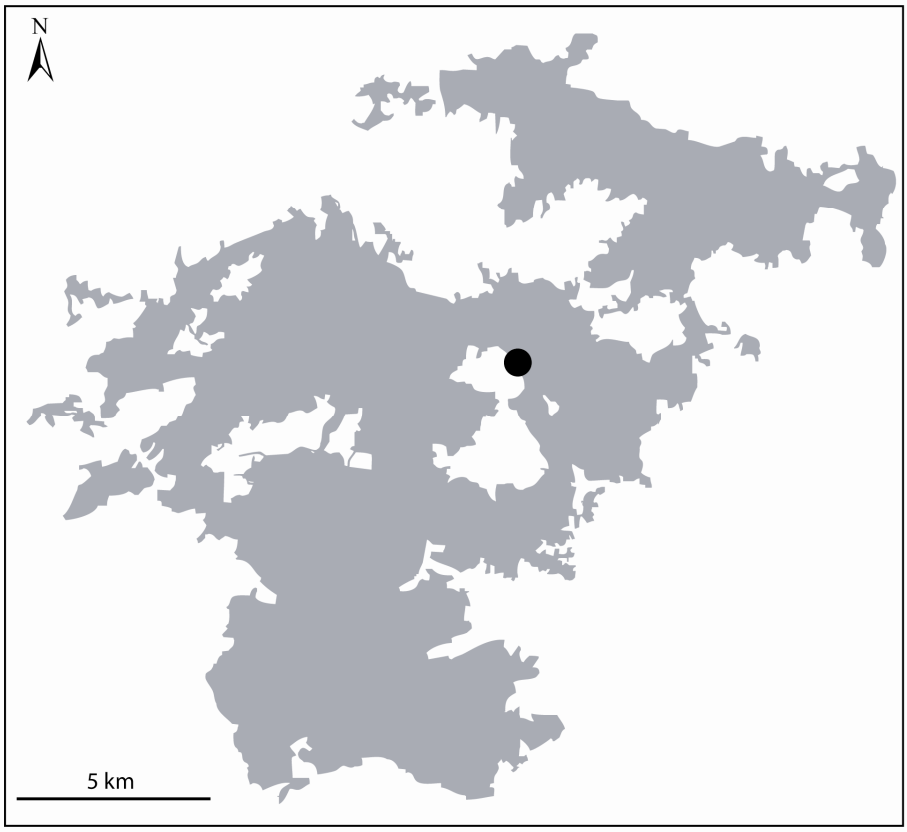


Figure 51 : Localisation du site du Bois Jacob

2.1.2 Echantillonnage

En raison des multiples remaniements qui se sont produits sur le site depuis le premier Âge du Fer, l'analyse anthracologique n'a porté que sur un ensemble réduit et bien circonscrit afin de limiter tout risque de mélange lié aux phases d'exploitation ultérieures. Le corpus se compose de quatre prélèvements à vue récoltés lors de la fouille minutieuse d'une zone riche en parois de four et scories, signes d'un four de réduction démantelé, peut-être faiblement remanié par les travaux plus récents.

2.1.3 Résultats

Les quatre prélèvements contenaient 35 charbons. Ils ont tous été analysés. L'un d'entre eux, un charbon de pin sylvestre, a servi à la réalisation d'une datation radiocarbone. Le résultat correspond aux débuts de la métallurgie du fer en France (UL-3235 : 2730 ± 70 BP ; 1051-791 cal. BC).

Diversité taxonomique et proportions

L'anthraco-analyse a permis d'identifier 5 taxons (Tableau 10). Dans l'assemblage le frêne et le chêne dominent. Ils représentent respectivement 40 et 34 % du total. Ils sont accompagnés du pin sylvestre (5 charbons, soit 14%) et plus ponctuellement de lierre et de Pomoïdées (1 charbon de chaque).

Tous les charbons présentaient de très grandes déformations des structures anatomiques. Aussi, aucune observation du plan ligneux ou mesure dendrologique fiable n'a pu être réalisée.

	Nombre	**Fréquence**
Fraxinus	14	40
Hedera	1	3
Quercus fc.	12	34
Pinus sylvestris	5	14
Pomoïdeae	1	3
Indéterminés	2	6
Total	35	

Tableau 10 : Charbons de bois de la zone de démantèlement du bas-fourneau du Bois Jacob

Calibres et dendrologie

L'ensemble des charbons de bois de cet échantillon présentait de fortes déformations liées à la carbonisation. Sur d'autres charbons, notamment ceux de pin, les parois cellulaires avaient un aspect très aminci sans doute lié à l'utilisation de bois mort. L'ensemble de ces facteurs a rendu impossible toute lecture fiable pour la détermination du calibre ou la mesure des largeurs de cerne.

La vitrification

L'observation du degré de vitrification de cet échantillon a montré la présence d'un grand nombre de charbons luisants ou fondu (plus de 65% de l'échantillon). Les charbons non vitrifiés représentent le reste du lot. Aucun charbon avec un degré maximal de vitrification (scoriacé) n'a été rencontré (Tableau 11).

	Nombre	**Fréquence**
Mat	12	34,29
Luisant	17	48,57
Fondu	6	17,14
Scoriacé	0	

Tableau 11 : Vitrification des charbons du Bois Jacob

Premières interprétations

Cet assemblage anthracologique révèle une diversité taxonomique relativement élevée et par là même une sélection très peu marquée dans le choix du combustible. Il témoigne également de la fréquentation d'un milieu relativement ouvert. En effet, les frênes, toutes espèces confondues, sont des arbres à caractère héliophile. Dans les plaines, ils sont associés généralement au chêne pédonculé, qui forme des boisements clairs.

Le pin sylvestre est également une espèce de lumière. Dans les régions d'altitude, il forme des bois clairs. Ailleurs, son grand pouvoir disséminateur et ses faibles exigences pédologiques lui permettent de tenir un rôle colonisateur dans les zones dénudées, les landes ou les zones tourbeuses.

Le charbon de *Pomoïdeae* peut correspondre à un grand nombre d'espèces telles que le poirier sauvage (*Pyrus pyraster*), le poirier à feuilles en cœur (*Pyrus cordata*) ou encore le

pommier sauvage (*Malus sylvestris*). L'ensemble de ces espèces se rencontre dans les friches, fourrés, landes et bois clairs.

Enfin, le lierre (*Hedera helix*) est une liane qui affectionne également les stations lumineuses, favorables à sa reproduction. Mais il croît également dans les bois, où sa multiplication n'est alors que végétative.

Les taxons rencontrés dans l'échantillon du Bois Jacob témoignent d'un approvisionnement en bois dans un milieu ouvert. Quelques fourrés à Pomoïdées et Pin sylvestre devaient former une interface vers des boisements à frênes et chênes, peut être plus frais, comme une ripisylve.

Bien que le nombre de charbon observé soit très nettement inférieur aux 100 nécessaires à la réalisation d'une étude fiable de la vitrification, le signal observé semble cohérent avec l'hypothèse de démantèlement d'un bas-fourneau. Sur la figure 52, l'échantillon se retrouve à proximité de ceux issus de fours de réduction expérimentaux ou archéologiques.

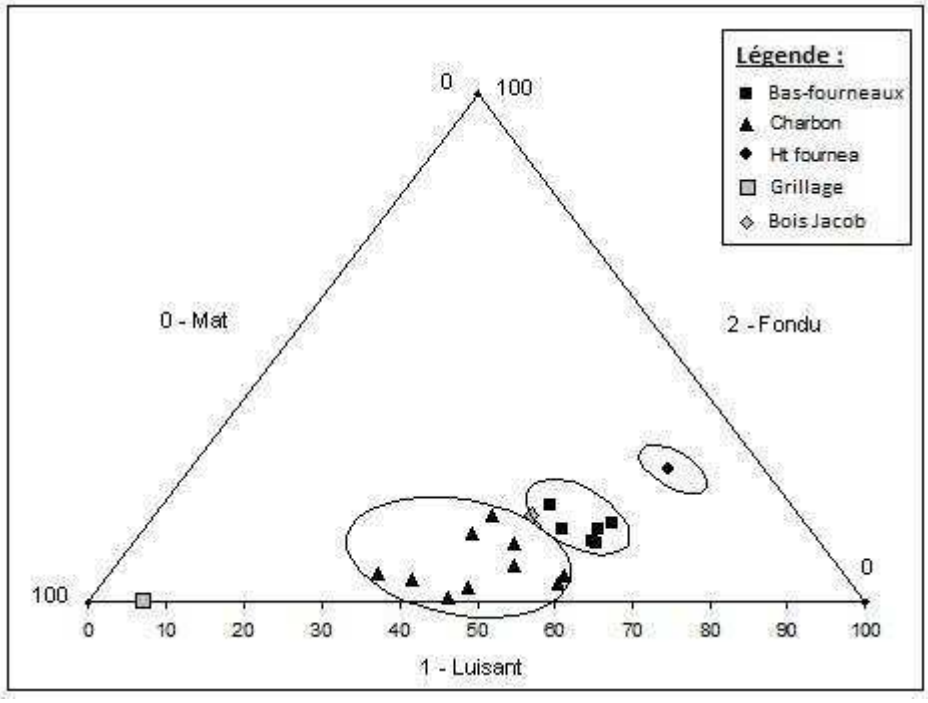


Figure 52 : Vitrification des charbons du Bois Jacob par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique

2.2 La ligne de la Fenderie au gué

2.2.1 Présentation du site

Cet atelier a été découvert au cours de l'été 2008, lors de travaux de rénovation de la ligne forestière dite « Ligne de la Fenderie au Gué » (Figure 53). Le réaménagement de cette voie a mis au jour de nombreuses scories et des fragments de paroi de four. Une campagne de prospection géophysique, menée au printemps 2009, a révélé trois secteurs d'anomalie magnétique. Trois sondages de faibles dimensions y ont été ouverts au cours du mois de juillet 2009. Quinze structures ont ainsi été découvertes, dont dix ont été clairement identifiées comme des fours de réduction.

Les deux fours du sondage 1 (St. 103 et St. 104) étaient démantelés. Il n'en restait qu'un mélange de parois et de scories. Seuls quelques éléments d'argile semblaient encore en connexion. Deux zones de plus forte concentration en matériel ont été observées. De forme circulaire et d'un diamètre de 0,8 à 1 m, elles pourraient correspondre aux fonds de cuve des bas-fourneaux. Une datation radiocarbone réalisée sur un charbon de la structure St. 105 date l'activité de ce secteur entre 511 et 391 BC (2365 ± 20 BP non calibré).

Le sondage 2 couvrait une surface de 8 m² environ. Six bas-fourneaux juxtaposés y ont été mis au jour. Seules les fosses étaient préservées. Elles avaient toutes une forme subcirculaire de 50 à 60 cm de diamètre. Le four St. 203 a été daté à 2225 ± 20 BP, soit entre 381 et 206 BC.

Le troisième sondage se situait à une quinzaine de mètres à l'ouest du précédent. Il couvrait également une surface de 8 m². Deux bas-fourneaux y ont été clairement identifiés. Ici encore, seules les fosses situées à la base des fours étaient conservées. Elles présentaient des dimensions identiques à celles du sondage 2.

2.2.2 Echantillonnage

Le nombre important de structures de réduction découvertes au cours de ces sondages a permis de réaliser cinq prélèvements anthracologiques. Le premier, St. 105, est issu de la couche charbonneuse attenante au foyer St. 103. Son volume est d'une dizaine de litres. Les quatre autres ont été réalisés à l'intérieur des fours. Trois proviennent du sondage 2 : St. 202, St. 203 et St. 204. Le dernier a été récolté dans le four St. 301. Ces quatre prélèvements correspondaient chacun à un volume de sédiment compris entre 1,5 et 2 litres.

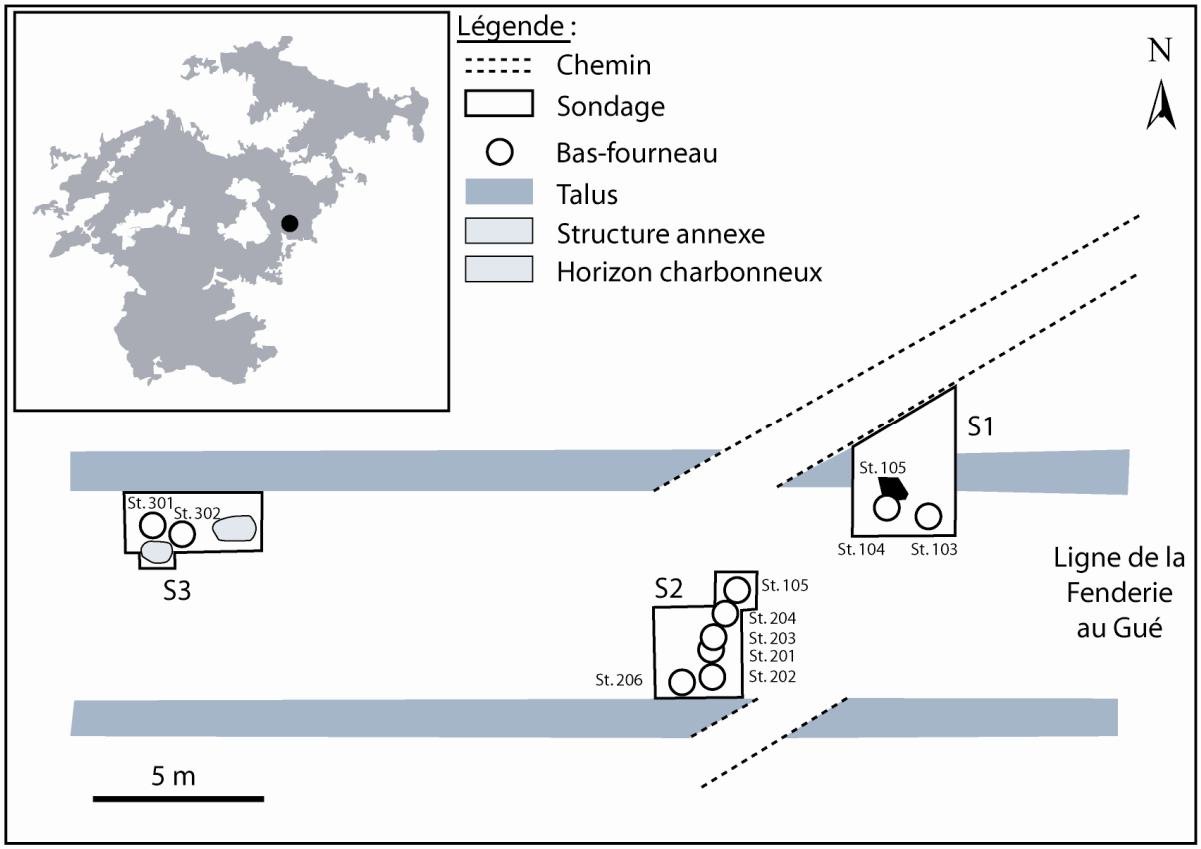


Figure 53 : Plan du site de la « *Ligne de la Fenderie au Gué* » (Vivet 2009a)

2.2.3 Résultats

Diversité taxonomique

200 charbons de bois provenant du sondage 1 ont été analysés (Tableau 12). Seuls 106 d'entre eux ont pu être identifiés. Il s'agit exclusivement de chêne caducifolié. Le fort taux de charbons non identifiables s'explique par la très grande proportion d'individus correspondant uniquement à de l'écorce (47 %).

Dans les deux autres sondages, 623 charbons ont été analysés. Dans trois des échantillons, St. 202, St. 204 et St. 301, seul le chêne est présent. Le lot St. 203 se démarque très nettement avec une diversité plus importante. Aux côtés du chêne, le noisetier (*Corylus*) est très abondant et représente 28% du spectre anthracologique. Ils sont accompagnés par le bouleau (*Betula*) à 2,7% et du Prunoïdée (0,3%).

	St. 105		St. 202		St. 203		St. 204		St. 301	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Betula					8	2,7				
Prunoïdées					1	0,3				
Corylus					84	28				
Quercus fc.	106	53	114	100	197	65,7	103	96,3	102	100
Indéterminé	94	47	0	0	10	3,3	4	3,7		
Total	200		114		300		107		102	
Ecorce	97		0		7		4		0	

Tableau 12 : Charbons de bois du site de « La ligne de la Fenderie au Gué »

Calibres et dendrologie

Des mesures de calibre n'ont pu être réalisées que sur 78 charbons, tous issus de l'échantillon St. 105. Les calibres obtenus varient entre 1,86 cm et 1,78 m de diamètre, avec une plus grande proportion d'individus dans les plus petites classes, soit entre 0 et 10 cm (Figure 54). Sur trois charbons de la classe la plus importante, la transition dernier cerne/écorce a été observée. A chaque fois, le bois final était présent.

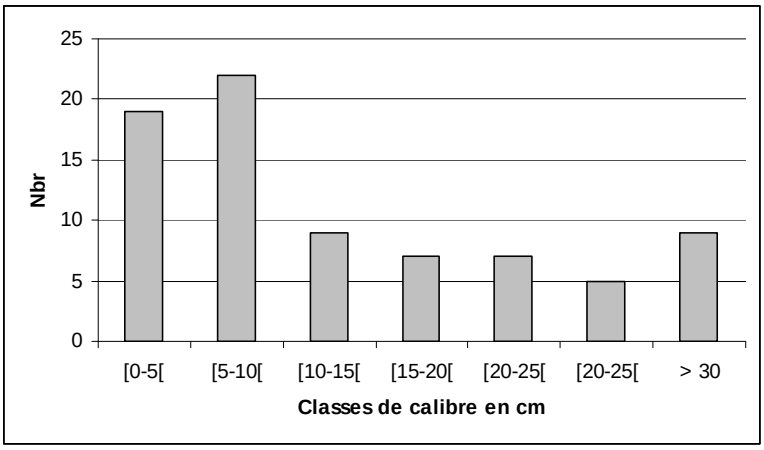


Figure 54 : Répartition des charbons par classe de calibre en cm

Il a été possible d'effectuer des mesures de largeur de cernes sur les charbons de chênes de tous les échantillons, à l'exception de St. 203. Le nombre de charbons ayant fait l'objet de ces mesures dendrologiques varie de 6 à 50 par échantillon avec un nombre de cernes compris entre 47 et 332 par lot anthracologique (Tableau 13). La largeur moyenne des cernes varie de façon importante entre échantillons. Elle fluctue entre 0,47mm dans l'échantillon St. 301 et 1mm pour St.202.

	Nb de charbon	Nb de cernes	Cerne moyen du lot (mm)
St. 105	9	169	0,61
St. 202	50	322	1
St. 204	48	332	0,85
St. 301	6	47	0,47

Tableau 13 : Données dendrologiques du site de la « Ligne de la Fenderie au Gué »

Les charbons de chaque lot ont été triés par classe de largeur moyenne de cerne (Figure 55). Pour les échantillons St. 105, St. 202 et St. 204, leurs répartitions semblent suivre une courbe de type bimodale s'organisant autour de deux valeurs : 0,5 mm et 1,5 mm. En revanche, les charbons du lot St. 301 se regroupent seulement autour de la valeur [0,5-0,75[, ce qui s'explique sans doute par la très faible taille de l'échantillon (6 charbons uniquement).

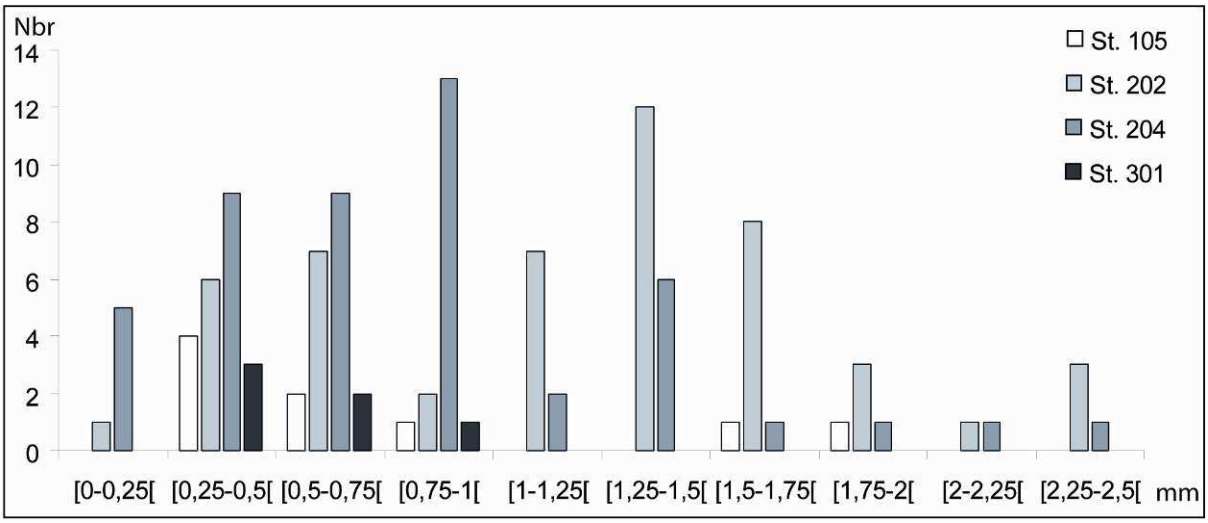


Figure 55 : Répartition des charbons de bois par classe de valeur moyenne des cernes

La vitrification

Tous les prélèvements présentent des taux de vitrification relativement élevés. Plus de la moitié des charbons analysés présentaient soit une coupe transversale luisante, soit des plages de forte réflectance où les structures anatomiques du bois n'étaient plus visibles (Tableau 14).

	St. 105		St. 201		St. 203		St. 204		St. 301	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
0 – Mat	92	45.5	45	39.5	115	38.0	43	39.9	41	40.2
1 – Luisant	99	49.5	56	49.1	154	50.8	53	49.8	50	49.0
2 – Fondu	8	4	13	11.4	34	11.2	11	10.3	11	10.8
3 – Scoriacé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 14 : Vitrification des charbons de bois du site de « La ligne de la Fenderie au Gué »

2.2.4 Interprétations

Sur ce site, *Quercus fc.* domine très nettement le spectre anthracologique. Il correspond aussi bien au chêne sessile qu'au chêne pédonculé. Ces deux espèces se retrouvent dans des formations végétales très diverses : fourrés, lisières bois, clairière, haie… Cette ubiquité ne nous permet pas d'obtenir d'informations pertinentes sur l'environnement. En revanche, cette faible diversité suggère une forte sélection du combustible.

Le noisetier (*Corylus avellana*) est une espèce héliophile qui croît dans les bois clairs mais qui peut également tenir un rôle de pionnier en contexte de reconquête forestière (Lieutaghi 2004). Sa présence dans le cortège anthracologique démontre la fréquentation de ces milieux clairs par les forgerons laténiens pour leur approvisionnement en combustible. Ce constat est confirmé par la présence, même faible, de charbons de Prunoïdée. Ce taxon regroupe deux espèces dans l'aire d'étude considérée (*Prunus avium* et *Prunus spinosa*, Rameau 1989) qui ont pour caractéristique commune de se développer en compagnie du noisetier dans des groupements clairs de type haies, lisières, fourrés ….

Enfin, l'observation de charbons de *Betula sp.*, toujours dans l'échantillon St. 203, montre que les métallurgistes se sont approvisionnés en bois dans une zone humide (ripisylve, tourbière boisée…). En effet, toutes les espèces du genre *Betula* présente une forte affinité pour ces milieux frais au sol plus ou moins hydromorphe (Rameau, 1989).

Les mesures de calibre réalisées sur l'échantillon St. 105 ont montré la présence de charbons de bois issus d'éléments de très grand diamètre (supérieur à 1 m). Ces fortes valeurs témoignent de l'utilisation de bois de tronc. Les éléments de plus petits calibres peuvent provenir soit de la partie interne du fût, soit de branches.

Ce même échantillon a livré un nombre important de charbon présentant de l'écorce (48,5 %), dont une très grande partie correspondait uniquement à de l'écorce. Cette surreprésentation de la partie externe des arbres indique probablement l'utilisation des déchets d'équarrissage d'un tronc destiné, peut-être, à l'édification de bâtiment.

Sur quelques charbons, il a été possible d'observer les derniers cernes de croissance et le début de l'écorce. La présence de bois final sur le dernier cerne d'aubier atteste d'un abattage au cours de l'automne ou de l'hiver.

Enfin, la projection du degré de vitrification de cet échantillon sur le diagramme étalon présenté dans la partie méthodologique montre, pour l'échantillon St. 105, un signal similaire

à ceux observés en contexte de charbonnière ou de stockage du charbon de bois (Figure 56). Cet échantillon peut correspondre au reste de l'aire de stockage du combustible utilisé dans les fours St. 102 et St.103 situés à proximité immédiate.

Les trois autres lots anthracologiques présentent tous un degré de vitrification concordant avec ceux attendus dans des bas-fourneaux. On notera toutefois qu'ils se localisent dans la partie inférieure de ce groupe.

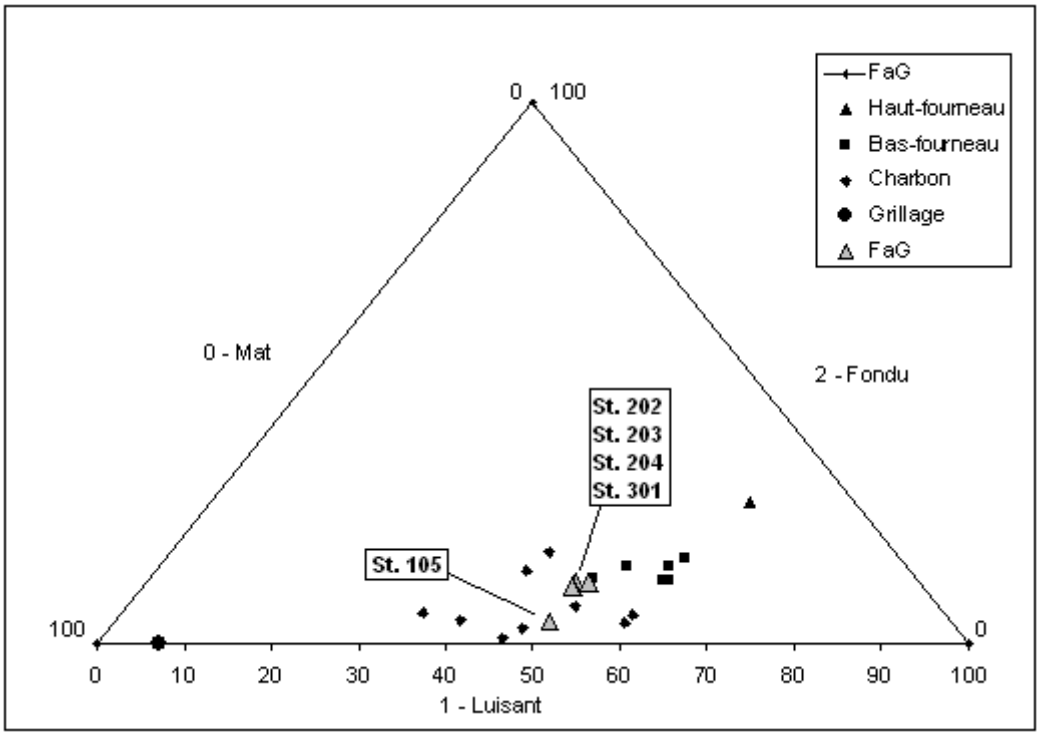


Figure 56 : Vitrification des charbons de la Ligne de la Fenderie au Gué par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique

2.3 Les Glyorels III

2.3.1 Présentation du site

Cet atelier sidérurgique a été découvert au cours de l'hiver 2007-2008 à l'occasion de travaux de réfection d'une ligne forestière. Il se situe dans la partie est de la forêt de Paimpont entre le village de Trédéal et l'étang des Glyorels (Figure 57).

Sa fouille a été réalisée l'été suivant sous la direction de J.-B. Vivet. Un bas-fourneau d'environ 1m de diamètre a été dégagé. Seul le fond de sa cuve était préservé. Elle contenait quelques fragments de scorie piégée mais le remplissage avait été perturbé par les travaux forestiers. Au sud du four, un fossé rempli de sédiment rouge a été mis au jour.

Le seul mobilier découvert lors de cette opération est un lot d'éléments d'argile cuite qualifiés de bouchons de tuyère. Ils sont identiques à ceux découverts sur d'autres ateliers du massif, dont le Perray. Tous ces ateliers ont été datés de La Tène. Une datation radiocarbone vient confirmer cette attribution chronologique. Elle fournit le résultat de 2230 ± 20 BP, soit entre 384 et 206 BC.

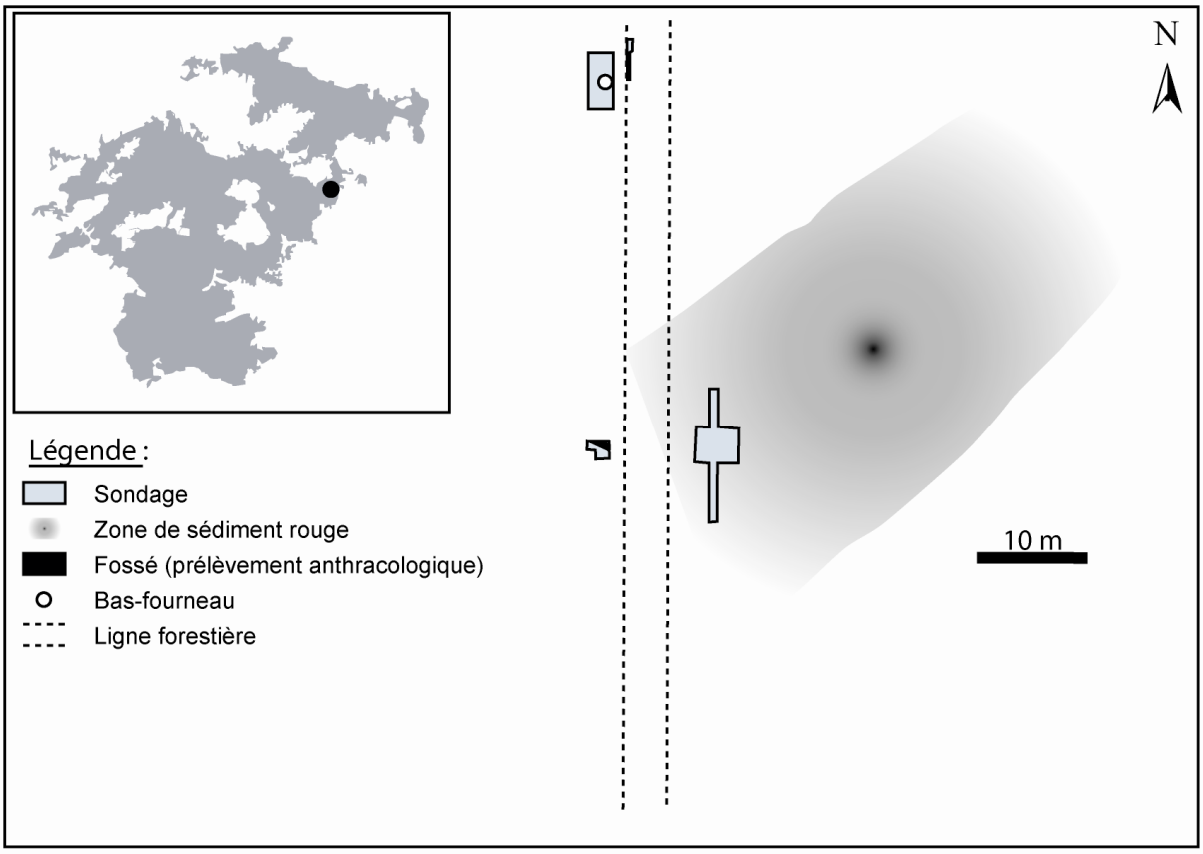


Figure 57 : Carte de localisation et plan du site des Glyorels III

2.3.2 Echantillonnage

Un seul prélèvement a été réalisé sur ce site. Il provient du sédiment rouge qui comblait le fossé. Un volume d'environ 2l a été prélevé puis tamisé à 2mm.

2.3.3 Résultat

Diversité taxonomique

130 charbons provenant du site des Glyorels III ont été analysés. Tous se sont révélés être du chêne caducifolié (Tableau 15).

	Nb	**%**
Quercus fc.	160	100

Tableau 15 : Charbons de bois du site des Glyorels III

Calibres et dendrologie

Des mesures de croissance ont pu être réalisées sur 259 cernes répartis entre 26 charbons, soit une dizaine de cernes par charbon en moyenne avec une variabilité comprise entre 1 et 25 cernes par individu. La largeur moyenne observée dans le lot est de 0,74 mm, mais elle varie très fortement entre individus de 0,3 à 4,77mm.

La répartition des charbons par classe de largeur moyenne décrit une répartition s'organisant principalement autour de 0,5mm, même si un second pic, léger, s'observe pour la classe 1,75-2 mm (Figure 58).

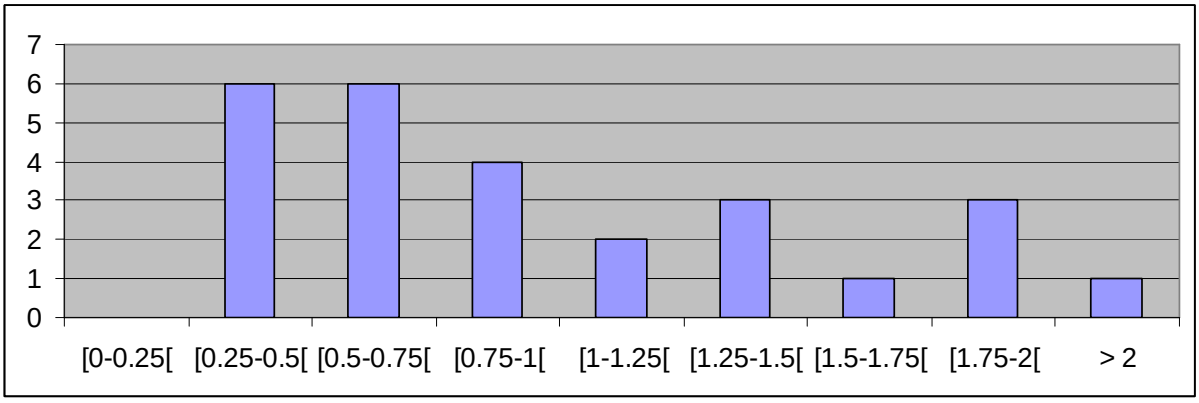


Figure 58 : Répartition des charbons du site des Glyorels III par classe de largeur moyenne de cerne en mm

La vitrification

Cet échantillon présente un taux de vitrification relativement élevé. Près de la moitié des charbons présentait un aspect luisant et plus de 17% possédaient des plages d'aspect fondu (Tableau 16). Aucun n'appartenait toutefois à la catégorie 3, degré maximum de vitrification.

	Nombre	Fréquence
Mat	49	34,29
Luisant	67	48,57
Fondu	14	17,14
Scoriacé	0	

Tableau 16 : Vitrification des charbons du site des Glyorels III

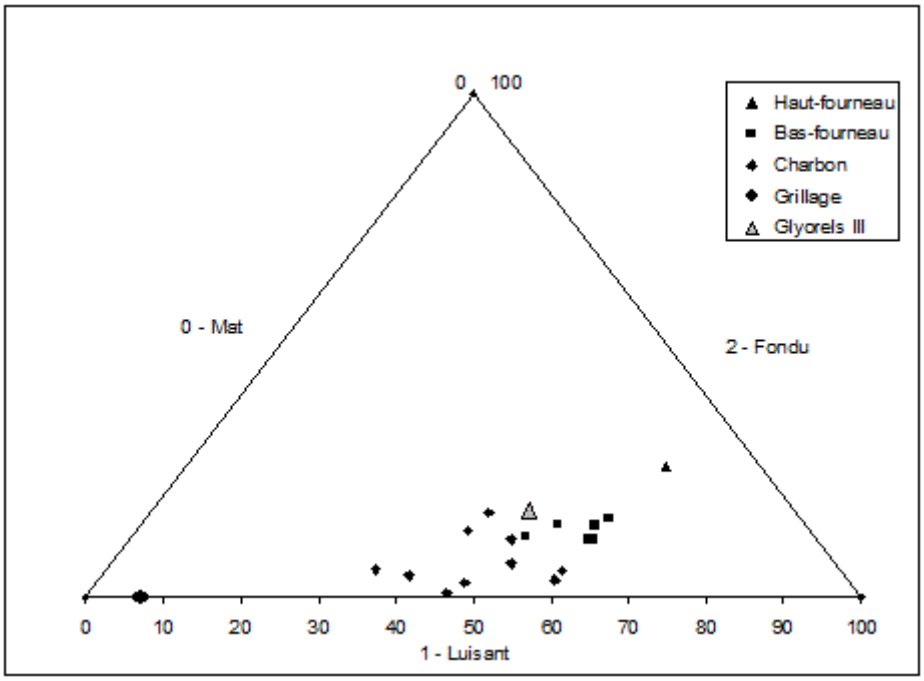


Figure 59 : Vitrification des charbons des Glyorels III par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique

2.3.4 Interprétations

Le degré de vitrification de cet échantillon le place dans le groupe des fours de réduction par procédé direct (Figure 59). Son origine, le comblement d'un fossé, peut laisser supposer qu'il résulte de plusieurs opérations. La monospécificité observée témoigne d'une collecte préférentielle du chêne caducifolié pour mener les opérations sidérurgiques. L'approvisionnement était sans doute opéré dans un environnement forestier. Toutefois, la

large amplitude écologique du taxon *Quercus fc.* contient également des milieux plus ouverts comme les haies et les friches. Cette diversité d'environnement est reflétée par la large amplitude des croissances radiales, où existe un rapport de près de 16 entre les mesures extrêmes. Une partie des chênes devait croître dans un environnement fortement boisé, où la concurrence génère une disponibilité réduite en ressources. A l'inverse, les cernes larges reflètent sans doute la présence de milieux plus ouverts.

2.4 La Boissière

2.4.1 Présentation du site

Il s'agit d'un ensemble d'ateliers de réduction découvert, encore une fois, à l'occasion de travaux forestiers au nord de l'étang des Forges (Figure 60). La coupe, puis le dessouchage, de la parcelle dite de la Boissière a révélé la présence de plusieurs zones à coloration rouge et à forte densité de scories. Au cours de l'été 2010, plusieurs fenêtres ont été ouvertes dans les secteurs où une prospection magnétique avait révélé de fortes anomalies.

La fouille a permis de mettre au jour plusieurs fosses dont le remplissage présentait régulièrement une très grande concentration de blocs de grès blanc. Sur l'atelier B2, la fosse d'un bas fourneau circulaire, de 1 m de diamètre, a été découverte.

La typologie de ce foyer et les nombreux éléments d'argile conique dégagés, dits bouchons de tuyère, plaident pour une datation de ces ateliers à La Tène moyenne. Aucune datation radiocarbone ne vient pour l'heure étayer cette hypothèse.

Figure 60 : Le site de la Boissière (d'après Vivet 2010)

2.4.1 Echantillonnage

Un seul échantillon anthracologique a été prélevé sur le site de la Boissière. Près d'un demi-litre de sédiment a été recueilli au fond de la cuve du bas-fourneau de l'atelier B2.

2.4.2 Résultats

Diversité taxonomique et proportions

160 charbons ont pu être analysés à partir de l'échantillon prélevé. Ils correspondent tous à du chêne caducifolié (Tableau 17).

	Nbr	**%**
Quercus fc.	160	100

Tableau 17 : Charbons de bois du bas-fourneau du site de la Boissière B2

Calibres et dendrologie

Parmi les 160 charbons analysés, un faible nombre offrait des dimensions supérieures à 4mm de côté et une bonne préservation des structures anatomiques. Aussi, seulement 14 d'entre eux ont pu faire l'objet de mesures de calibre (Tableau 18). Toutes révèlent l'utilisation de bois de faible section : moins de 10cm de diamètre.

	[0-5[	**[5-10[**
Nbr	10	4

Tableau 18 : Répartition des charbons de la Boissière B2 par classe de calibre en cm

Des mesures de largeur moyenne de cerne ont été menées sur 500 cernes répartis entre 26 charbons de cet échantillon. Les mesures obtenues varient entre 0,17 et 2,77mm par cerne avec une nette dominance des charbons à faible croissance, moins de 0,5mm/an (Figure 61). Cette hétérogénéité de croissance annuelle moyenne suggère un approvisionnement en chêne dans au moins deux milieux. Les faibles croissances plaident pour la collecte de bois dans un environnement pauvre en ressources pour les individus (sol pauvre, forte compétition…) tandis que les rares individus présentant des croissances rapides évoquent un approvisionnement dans un contexte plus favorable au développement du chêne.

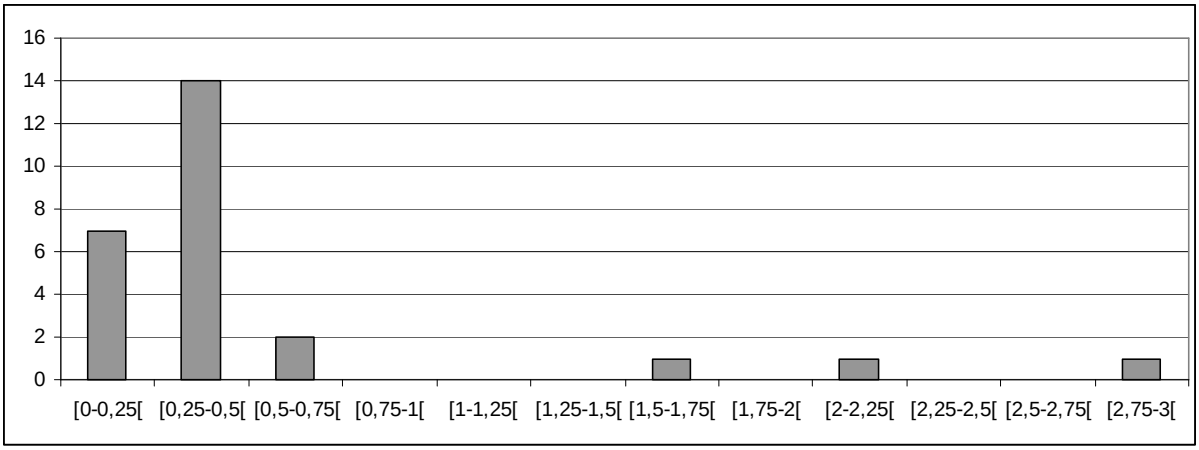


Figure 61 : Répartition des charbons de la Boissière B2 par classe de largeur moyenne de cerne en mm

La vitrification

L'examen du plan transversal a montré la présence d'un grand nombre de charbons d'aspect vitrifié. Plus de la moitié des individus étudiés présentait soit un aspect luisant soit des plages semblant avoir fondu (Tableau 19).

	Nombre	Fréquence
Mat	66	45,5
Luisant	81	49,5
Fondu	13	4
Scoriacé	0	0

Tableau 19 : Vitrification des charbons du bas-fourneau de la Boissière B2

La projection de ces résultats sur le diagramme de référence montre que l'échantillon provenant de ce bas-fourneau possède un degré de vitrification se situant à la marge maximale des lots de charbons de bois, légèrement en dessous des valeurs identifiées pour les foyers de réduction.

Au moins deux facteurs peuvent être à l'origine de cette faible valeur. Premièrement, le modèle établi précédemment ne repose que sur un faible nombre de lots anthracologiques (19 échantillons). Il est possible que ce faible effectif n'ait pas permis de mettre en évidence une zone de chevauchement entre les lots de charbons et les résidus de réduction. Dans un second temps, il faut également tenir compte de la morphologie du four et de la localisation du prélèvement. En effet, le foyer étudié présente une fosse d'environ 50cm de profondeur, au

fond de laquelle le prélèvement anthracologique a été réalisé. Cette localisation du prélèvement suggère un éloignement relativement important entre les charbons étudiés et la/les zones d'arrivée d'air, c'est-à-dire de température maximale. Il est alors possible que les charbons de ce lot n'aient pas connu de seconde chauffe suffisante pour former un signal typique de bas-fourneaux. Le degré de vitrification observé correspond alors à l'opération de fabrication du charbon et non pas à son utilisation pour la réduction.

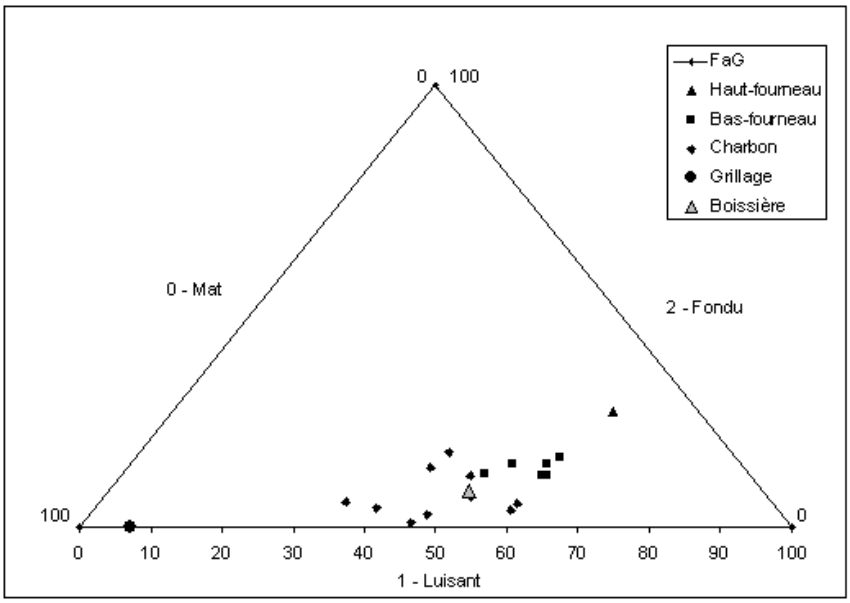


Figure 62 : Vitrification des charbons du bas fourneau de la Boissière B2 par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique

2.4.3 Premières interprétations

La monospécificité observée dans cet échantillon plaide soit pour une collecte très spécifique du combustible pour le fonctionnement du bas-fourneau : seul le chêne caducifolié est choisi.

L'analyse des calibres a montré que l'approvisionnement en bois s'effectuait à partir d'éléments de faible diamètre de type branches ou petits troncs. Celle des cernes de croissance suggère une récolte au sein d'au moins deux milieux différents. L'un favorable à un fort développement des individus, l'autre plus stressant entraîne une faible croissance radiale. Ces deux observations soutiennent l'hypothèse d'une collecte orientée exclusivement vers le chêne.

2.5 Le Perray

2.5.1 Présentation du site

L'atelier sidérurgique du Perray se trouve à environ 1 km à l'ouest de Plélan-le-Grand, à proximité de l'étang des Forges. Il fait partie d'un ensemble d'ateliers de réduction situés en bordure de l'étang du Perray. Régulièrement ennoyé, ce site fut découvert à l'hiver 1988-89, à l'occasion d'un assèchement de l'étang dont la chaussée nécessitait des réparations. Sa fouille a eu lieu durant l'été suivant (Andrieux et al. 1993).

La fouille a permis la mise au jour d'un bas-fourneau exceptionnellement bien conservé. Sa cuve, d'un diamètre d'environ 1,20 m, était préservée, en élévation, sur une soixantaine de centimètres. Elle possédait une paroi composée de moellons d'argile, probablement recouverte d'un chemisage interne. Une ouverture, située au sud, donnait accès à une zone rubéfiée correspondant sans doute à l'aire de soutirage de la scorie (Figure 63).

Au cours de la fouille, seuls quelques éléments dits bouchons de tuyère ont été découverts. L'absence de mobilier a conduit à la réalisation d'un datage radiocarbone. Le résultat obtenu place l'activité de cet atelier au cours de La Tène moyenne/finale (2160 ± 40 BP, soit entre 363 et 61 cal. BC).

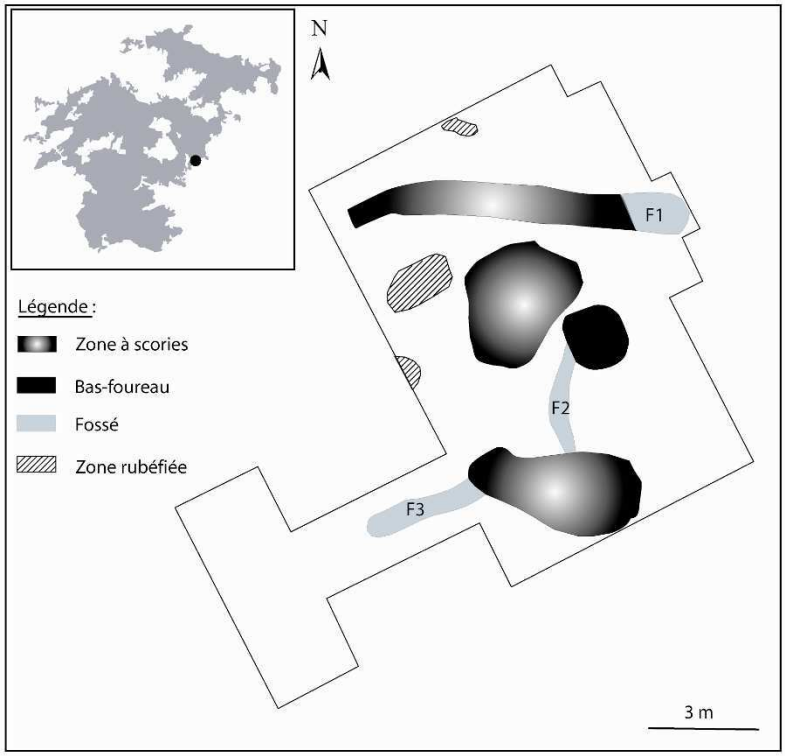


Figure 63 : Plan du site du Perray

Echantillonnage

Les charbons de bois étudiés pour ce site sont issus de deux prélèvements récoltés à vue par les fouilleurs. Le premier a été réalisé dans le haut du fossé F3, à la sortie du four. Il doit essentiellement refléter le combustible utilisé lors de la dernière opération de réduction. Le second échantillon provient du sommet du comblement du fossé F1. Il témoigne probablement d'une ou plusieurs opérations antérieures.

2.5.2 Résultats

Diversité taxonomique et proportions

L'analyse anthracologique du site du Perray repose sur l'examen de 270 charbons de bois. Dans les deux échantillons, un seul taxon a été reconnu : le chêne caducifolié (Tableau 20).

	F1		**F3**	
	Nbr	**%**	**Nbr**	**%**
Quercus fc.	120	100	150	100

Tableau 20 : Charbons de bois du site du Perray

Calibres et dendrologie

La présence de nombreuses fentes de retrait, notamment au niveau des rayons multisériés, a engendré une grande friabilité des charbons de bois ainsi que d'importantes déformations morphologiques. Il en a résulté une totale impossibilité de réaliser des estimations fiables des calibres mais également de mesurer des largeurs de cernes.

La vitrification

Les deux échantillons présentent un degré de vitrification élevé avec seulement 36 à 37 % des charbons ayant un aspect mat. Ceux présentant un aspect luisant sont très largement dominants. Ils composent 48% de F1 et 44% de l'échantillon F3.

Aucun individu de la catégorie 3 - scoriacé - n'a été rencontré au cours de l'analyse.

	F1		F3	
	Nbr	%	Nbr	%
0 - Mat	45	37,5	55	36,67
1 - Luisant	58	48,33	66	44
2 - Fondu	17	14,17	29	19.33
Scoriacé	0	0	0	0

Tableau 21 : Vitrification des charbons du site du Perray

2.5.3 Interprétation

L'analyse du degré de vitrification dans les deux échantillons semble confirmer la nature de déchet de réduction pour les deux lots de ce site (Figure 64). Dans les deux cas, la projection sur le diagramme de référence montre un net positionnement dans le groupe correspondant aux bas-fourneaux.

La présence d'un seul taxon, *Quercus fc.*, dans les deux lots provenant du site du Perray témoigne, une nouvelle fois, d'une collecte de bois très sélective. En effet, si le lot F3 reflète le combustible utilisé au cours de la dernière utilisation du four, ce n'est sans doute pas le cas de F1. Ce second échantillon doit correspondre aux résidus d'une ou plusieurs opérations antérieures. Par conséquent, l'analyse de ces deux prélèvements montre, qu'au cours d'au moins deux opérations de réduction, seul le chêne caducifolié a été récolté pour faire fonctionner le bas-fourneau.

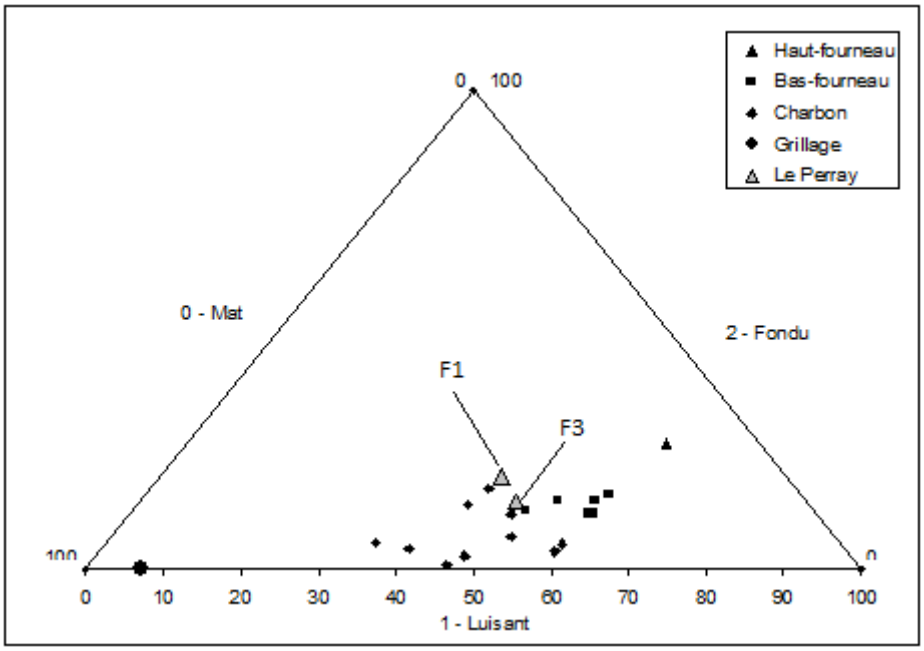


Figure 64 : Vitrification des charbons du site du Perray par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique

2.6 Le Vert Pignon

2.6.1 Présentation du site

Le site du Vert Pignon III se situe en dehors de la forêt, dans la clairière de Telhouët. Découvert au début des années 1990, il prend la forme d'un amas de scories d'une cinquantaine de mètres de diamètre recouvert d'un bosquet.

Aux cours des étés 2004 et 2005, deux campagnes de fouilles ont été réalisées sur le site sous la direction de J.-B. Vivet. La première année, les recherches ont principalement porté sur la périphérie de l'amas. Les dimensions du ferrier ont pu être établies avec plus de précision et permettent d'estimer à 1000m^3 le volume de scories, soit près de 700 tonnes. La seconde année, la fouille s'est concentrée sur la plateforme centrale où se trouvait l'espace de travail (Vivet 2009).

Au cours de ces deux campagnes de fouilles, plusieurs structures ont été mises au jour : fossés de drainage, aire de concassage du minerai, foyers de forges… (Figure 65). Au centre de l'amas de scories, la fouille a également permis la découverte d'une série de bas-fourneaux superposés.

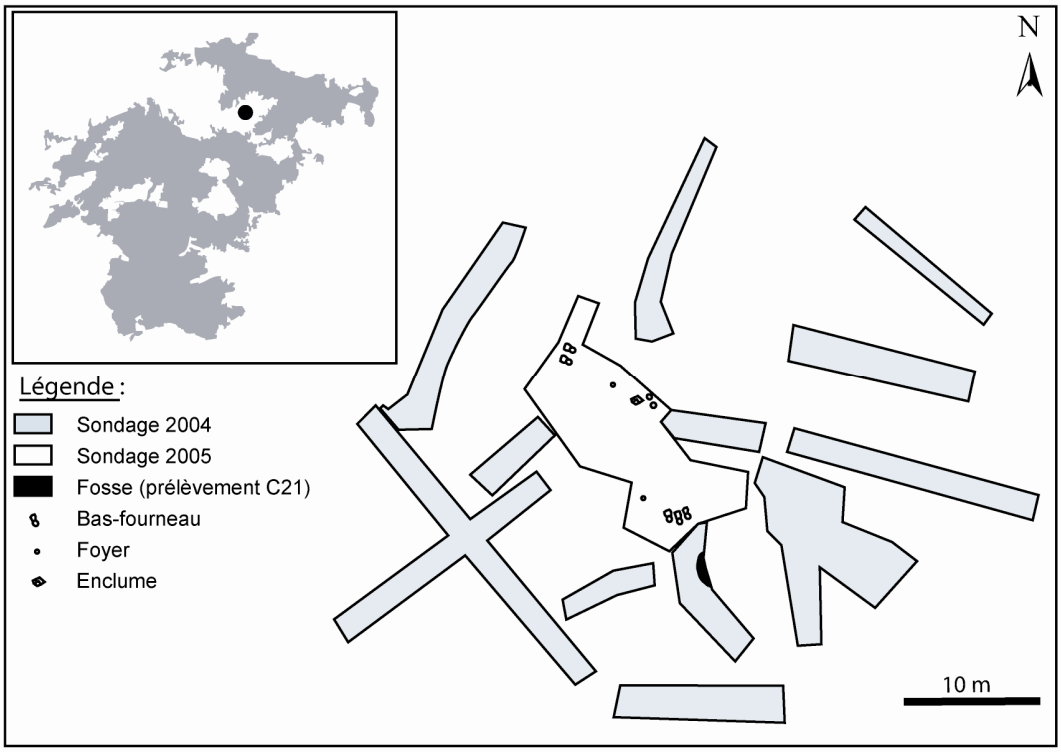


Figure 65 : Plan du site du Vert Pignon III (Vivet 2009)

2.6.2 Echantillonnage

L'étude anthracologique de ce site a porté sur deux échantillons prélevés en masse. Le premier, C 21, provient d'une fosse située au nord des bas-fourneaux. Celle-ci a été interprétée comme un espace de stockage du charbon avant son utilisation sur l'atelier. Le second lot a été récolté au fond de la cuve du four de réduction Fy.2. Ces analyses ont été complétées par l'examen d'une dizaine de prélèvements à vue. Ils proviennent de l'ensemble du site et correspondent au ramassage des charbons les plus gros par les fouilleurs.

2.6.3 Résultat

Diversité taxonomique et proportions

L'analyse anthracologique du site du Vert Pignon III repose sur l'examen de 571 charbons de bois répartis de façon très hétérogène entre les trois prélèvements : 437 charbons pour C21, 105 pour Fy.2 et seulement 29 charbons récoltés à vue (Tableau 22).

	C 21		**Fy.2**		**Autres**
	Nbr	**%**	**Nbr**	**%**	**Nbr**
Acer sp.	3	0.69			
Alnus sp.	8	1.83			
Betula sp.	84	19.22			12
Carpinus betulus	296	67.73			15
Fagus sylvatica	8	1.83			1
Frangula alnus	2	0.46			
Pomoïdeae			1	0.99	
Populus sp.	6	1.37			
Quercus fc.	11	2.52	100	99.01	
Salix sp.	19	4.35			1
Indéterminés			4		
	437		105		29

Tableau 22 : Charbons de bois su site du Vert Pignon III

Au sein des échantillons, la diversité taxonomique varie entre deux et neuf. Le lot C21 est le plus diversifié. Il est dominé par le charme (*Carpinus betulus*) qui représente plus des deux tiers de l'échantillon, suivi du bouleau à près de 20%. L'échantillon issu du bas-fourneau Fy.2 présente, en revanche, une diversité très faible (2 taxons). Son cortège est presque uniquement composé de chêne caducifolié (99%). Les charbons récoltés à vue

présentent une diversité moyenne avec quatre taxons reconnus. Le charme et le bouleau sont les essences rencontrées le plus fréquemment. Hêtre et saule, les deux autres taxons, n'ont été observés qu'à une seule occasion.

Calibres et dendrologie

Les charbons provenant du bas-fourneau Fy.2 présentaient des dimensions trop faibles pour réaliser des mesures de calibres et de largeur de cernes. Seul l'un d'entre eux a livré des cernes complets.

En revanche, toutes espèces confondues, 98 charbons de l'échantillon C21 possédaient des dimensions suffisantes pour la réalisation de mesures de calibre fiables (Tableau 23). Une très grande partie de ces charbons correspondent à des éléments de moins de 10cm de diamètre (98%). Sur plus de la moitié d'entre eux, l'écorce était encore présente. Elle succédait systématiquement au bois final. L'abattage a donc eu lieu entre la fin de l'été et l'hiver suivant.

	0-5	**5-10**	**10-15**
Nbr	62	34	2

Tableau 23 : Répartition des charbons de bois de l'échantillon C21 du Vert Pignon par classe de calibre en cm.

La vitrification

Les deux échantillons du Vert Pignon III présentent un taux de vitrification relativement élevé. Dans les deux cas, les charbons luisants sont les plus nombreux (Tableau 24). Une différence s'observe toutefois entre ces deux lots. Celui provenant du bas-fourneau présente un degré de vitrification plus élevé. Quatre de ses charbons appartiennent à la catégorie 3 et près d'un quart avait un aspect fondu, contre seulement 5% des charbons de C21.

	C21		Fy 2	
	Nbr	%	Nbr	%
0-Mat	199	45.54	30	28.57
1-Luisant	214	48.97	47	44.76
2-Fondu	24	5.49	24	22.86
3-Scoriacé	0	0	4	3.81

Tableau 24 : Vitrification des charbons du site du Vert Pignon III

2.6.4 Interprétation

Par rapport aux ateliers précédents, le site du Vert Pignon présente une diversité importante avec dix taxons identifiés. L'anthraco-analyse reflète ainsi l'exploitation de milieux divers. L'aulne, la bourdaine, le tremble et le saule sont des espèces caractéristiques des sols humides. On les retrouve dans les prairies humides, les marécages et les bords de ruisseau. Ils sont généralement accompagnés du bouleau pubescent. Mais en Bretagne, le taxon *Betula sp.* comprend aussi de nos jours l'espèce *Betula pendula*. Cette dernière se retrouve également dans les landes et les forêts claires dégradées. Les premières sont représentées par le charbon de *Pomoïdeae*, les secondes par l'érable champêtre et le chêne. Enfin, le charme et le hêtre sont des espèces d'ombre. Leurs présences attestent d'une fréquentation de bois denses pour l'approvisionnement en combustible.

L'étude des calibres reflète l'utilisation de bois d'un diamètre dépassant rarement 10cm. Ceci peut correspondre soit à l'exploitation d'un gaulis, soit d'un jeune perchis. Un tel diamètre peut également suggérer l'utilisation de branches issues soit d'un élagage, soit du houppier d'arbres dont le fût était destiné à la construction.

La vitrification des deux échantillons prélevés en masse confirme l'attribution qui en avait été faite. C21 est dominé par des charbons pas ou peu vitrifiés, ce qui le place au sein du groupe des lots issus du charbonnage (Figure 66). L'échantillon Fy.2 possède, en revanche, plus de 20% de charbons présentant des plages fondues. Sa projection sur le diagramme ternaire le place très nettement au sein du groupe des bas-fourneaux.

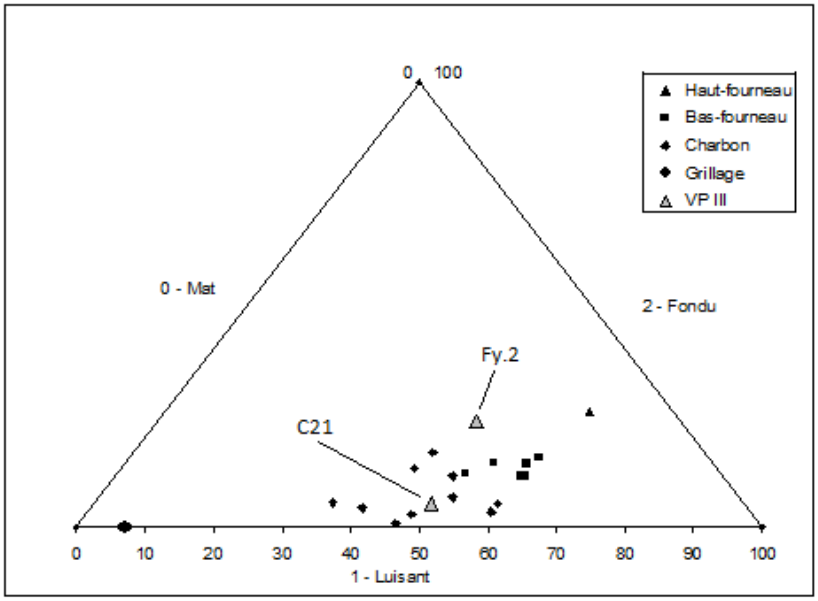


Figure 66 : Vitrification des charbons du Vert Pignon III par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique

2.7 Péronnette

2.7.1 Présentation du site

Le site paléométallurgique de Péronnette a été découvert dans le cadre de la prospection menée sous la direction de G. Larcher par l'association des *Amis du moulin du Châtenay*. Il se situe à 2 km au nord-est du bourg de Paimpont, près du village du Trudeau, le long de la route menant à Saint-Péran.

Ce site s'étend sur près de 3 ha (Figure 67). Dans sa partie orientale, une minière d'une trentaine de mètres de diamètre et sa halde occupe l'espace. Elles sont mentionnées au cours du XIXème siècle sous le nom de « *nouveau minerai* » ou « *Trudo* » (Girault 2009). A l'ouest de cette exploitation, plusieurs petites excavations se succèdent. La fouille de deux d'entre elles suggère qu'il s'agit de sondages d'exploration minière du XIXème siècle visant à suivre le gisement ferrifère.

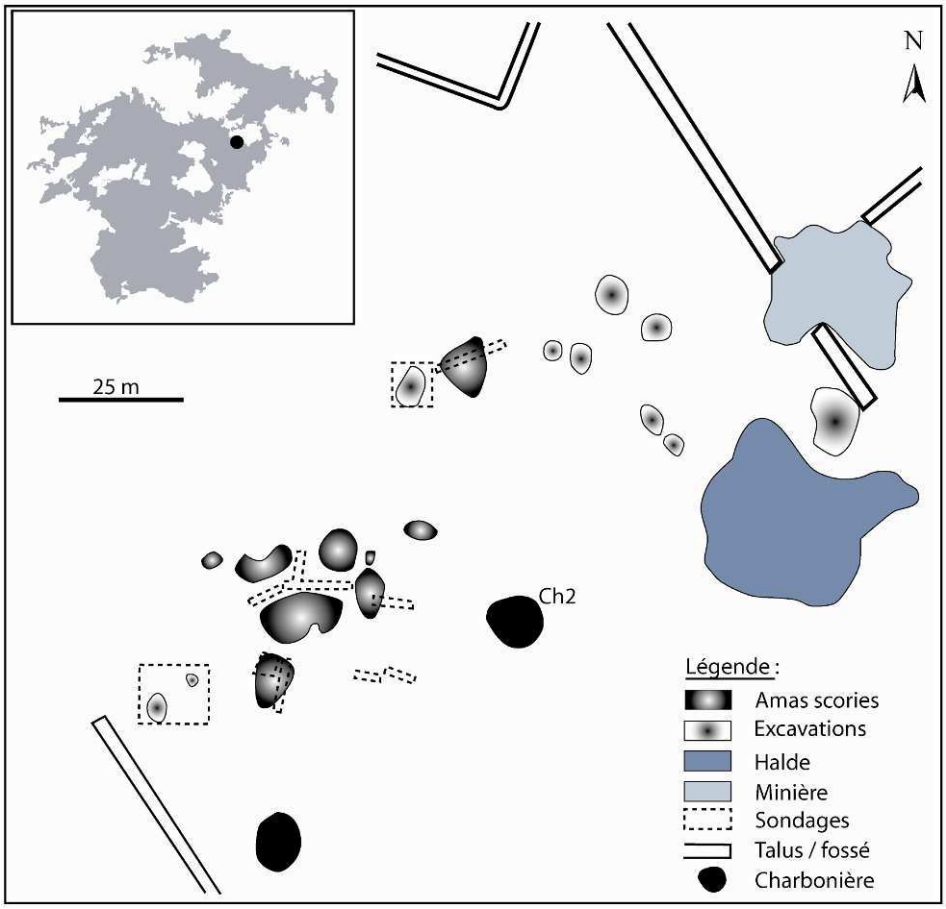


Figure 67 : Plan du site de Péronnette (Girault 2009)

Dans la partie la plus occidentale du site, un ensemble d'amas de scories dites « spongieuses » se développe. Les opérations archéologiques conduites sous la direction de N.

Girault en 2008 et 2010 ont mis au jour plusieurs foyers ayant probablement servi au grillage du minerai. Un sondage réalisé à proximité de l'amas A9 a également révélé la présence d'un bas-fourneau de forme semblable à ceux du Vert Pignon et de Trécélien (Vivet 2009 ; com. pers. N. Girault). Le mobilier céramique découvert et une datation radiocarbone date le fonctionnement de cet atelier du bas Moyen Âge.

Enfin, deux charbonnières probablement modernes ont pu être repérées. Elles ont toutes deux une forme subcirculaire et un diamètre de 10 à 12m. L'une d'entre elle, Ch.2, a fait l'objet d'un sondage en 2010.

2.7.2 Echantillonnage

La diachronie dans l'occupation sur le site de Péronnette fait de lui un site important pour comprendre l'évolution de la forêt de Paimpont au cours des derniers siècles. Pour cette raison, l'échantillonnage a été réalisé pour obtenir des informations sur chacune des périodes.

Pour le bas Moyen Âge, quatre lots anthracologiques ont été prélevés. Deux sont issus de structures de combustion. L'échantillon Fy.2 provient du fond de la cuve du bas-fourneau, tandis que Fy. 6 a été collecté dans un foyer de grillage du minerai. Les deux autres prélèvements proviennent pour US 1051 d'un épandage de charbons dans le chemin et pour US 2033, d'une fosse charbonneuse située sous l'amas A5.

Le lot US. 2009 correspond à une couche très riche en charbons découverte lors de l'exploration des fosses F1 et F2 situées à l'extrémité sud-ouest du site. Une datation radiocarbone conventionnelle a livré la date de 240 ± 15 BP non calibré, soit entre 1645 et 1797 AD.

Enfin, la charbonnière Ch.2 a fait l'objet d'un sondage de 14 m de long et d'1,5 m de large, qui la traverse diamétralement. Une stratigraphie composée de 9 couches sédimentaires a été reconnue sur une épaisseur d'une cinquantaine de centimètres, dont quatre de nature cendro-charbonneuse. Dans chacune de ces dernières, un prélèvement de 10 litres de sédiment a été réalisé. Ils ont été nommés Ch2.A à D, le prélèvement A étant situé au sommet et le D à la base de la succession. Cette structure ne bénéficie d'aucune datation, mais son excellent état de conservation suggère un fonctionnement post-médiéval et sans doute une utilisation jusqu'à la fin du XIXème siècle, voire pendant le XXème.

2.7.3 Résultats

Diversité taxonomique et proportions

Les quatre échantillons médiévaux ont permis d'identifier 10 taxons (Tableau 25). En fonction de la structure, l'essence dominante varie. Le chêne, le hêtre ou le bouleau peuvent être prépondérant avec des valeurs variant entre 42 et 95 %. Ils sont accompagnés du charme (12,09 %) dans l'échantillon US 1051. D'autres taxons sont présents de façon plus discrète, comme l'aulne, le saule, ou le noisetier.

375 charbons issus de l'échantillon US 2009 ont été analysés. Ils n'ont permis d'identifier que 4 taxons différents. Le hêtre (*Fagus sylvatica*) est très nettement dominant et représente 83,2 % du spectre anthracologique. Il est accompagné du chêne (6,4 %) et du charme (5,6 %). Enfin, le bouleau est présent mais sa fréquence n'est que de 0,8 %.

Enfin, 1247 charbons issus à parts équivalentes des quatre prélèvements de la charbonnière ont été analysés. Ils ont livré une faible diversité taxonomique avec seulement 5 types anthracologiques identifiés. Ces échantillons sont très nettement dominés par le chêne (*Quercus fc.*) entre 70 et 80 %. Il est toujours suivi du bouleau dont la fréquence varie entre 10 et 15 %. Le hêtre et le charme les accompagnent. Dans les échantillons les plus anciens les fréquences de *Fagus* sont supérieures à celle de *Carpinus*. Puis, elles décroissent rapidement dans l'horizon Ch. 2B tandis que celles du charme conservent une valeur inférieure à 2%. Dans le dernier échantillon, la fréquence de *Carpinus* triple et atteint 5,56 %. Enfin, la présence très discrète du noisetier peut être notée dans l'échantillon Ch. 2D.

Calibres et dendrologie

Sur les neuf échantillons analysés pour le site de Péronnette, seuls les cinq plus récents présentaient des charbons de tailles suffisamment importantes pour réaliser des mesures de calibres et de cernes moyens en quantité suffisante (> 30 mesures).

Le calibre moyen mesuré sur les échantillons montre une légère décroissance au cours du temps (Tableau 26). L'échantillon le plus ancien, US 2009, affiche une valeur moyenne de 5,9 cm alors que ceux de la charbonnière oscillent autour de 4 cm. La répartition des charbons en fonction des classes de calibre confirme cette tendance (Figure 68). L'US 2009 est la seule à comporter des individus d'un calibre supérieur à 15 cm de diamètre. Les autres semblent assez homogènes même si Ch2 A, le plus récent, ne possède pas d'individu de plus de 10 cm. Cette baisse semble s'accompagner d'une réduction de l'âge d'exploitation. Les séries de cernes sont plus courtes dans les échantillons récents.

Tableau 25 : Fréquences absolues et relatives des taxons identifiés lors de l'anthraco-analyse du site de Péronnette

	US. 1051		US. 2033		Fy. 2		Fy. 6		US. 2009		Ch.2. A		Ch.2 B		Ch2. C		Ch.2 D	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Quercus fc.	65	21.24	4	2.67	126	90	2	0.97	24	6.4	222	72.55	250	79.62	226	72.67	227	71.84
Fagus	130	42.48	0	0	2	1.43	0	0	312	83.2	13	4.25	11	3.50	28	9.00	26	8.23
Corylus	1	0.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.63
Pomoïdeae	2	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alnus	7	2.29	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betula	53	17.32	122	81.33	10	7.14	197	95.17	3	0.8	48	15.69	34	10.83	41	13.18	39	12.34
Frangula	0	0	1	0.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Populus	2	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salix	4	1.31	1	0.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carpinus	37	12.09	0	0	0	0	1	0.48	15	4	17	5.56	5	1.59	6	1.93	6	1.90
Indéterminé	5	1.63	16	10.67	2	1.43	7	3.38	21	5.6	6	1.96	14	4.46	10	3.22	16	5.06
Total	306		150		140		207		375		306		314		311		316	
Ecorce	0		10		0		0		0		0		0		0		0	
Taxons	9		5		4		3		4		4		4		4		5	

	Diamètre moyen (cm)
Ch2 A	3,43 ± 1,42
Ch2 B	4.33 ± 2,37
Ch2 C	3,7 ± 1,99
Ch2 D	4,08 ± 2,68
US 2009 (*Fagus*)	5,9 ± 6,38

Tableau 26 : Diamètres moyens des échantillons de Péronnette toutes espèces confondues

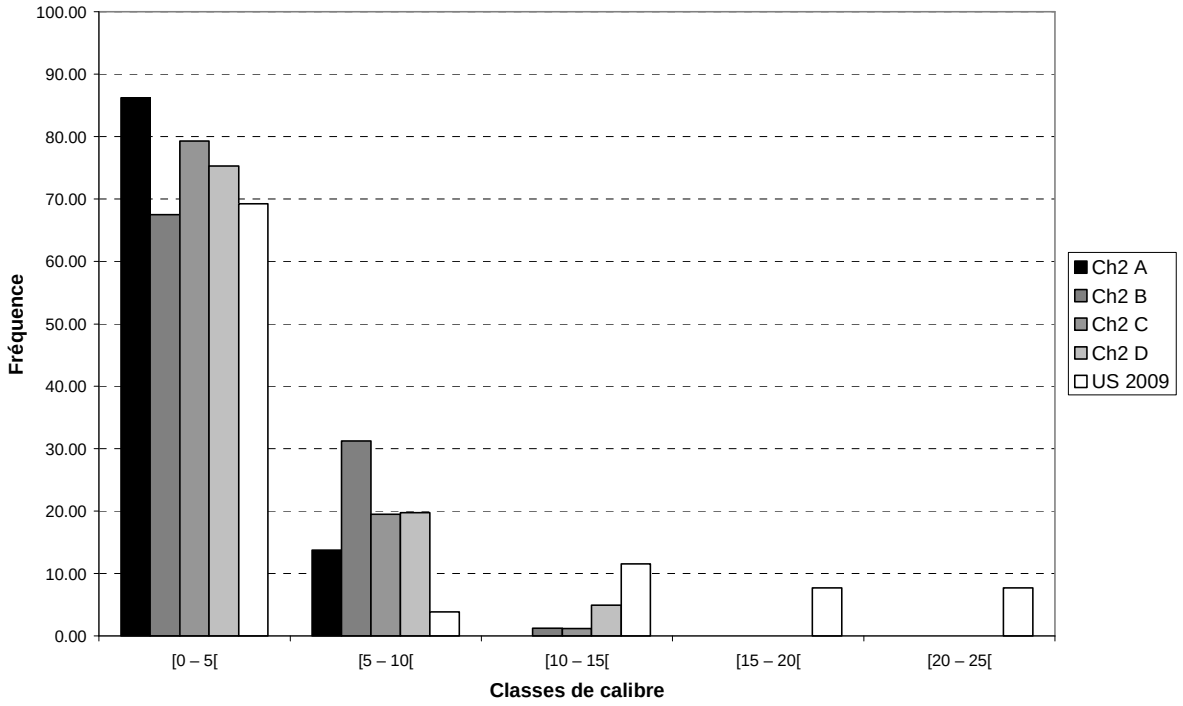


Figure 68 : Proportions des calibres dans les échantillons de Péronnette

	Classes de nombres de cernes complets / charbon					nombre maximum de cernes observé	Largeur moyenne de cerne (nbr de cernes mesurés)
	1-10	**11-20**	**21-30**	**31-40**	**>40**		
Ch2 A	83,75	16,25	0	0	0	17 (Quercus sp.)	0,93 (479)
Ch2 B	81,25	18,75	0	0	0	15 (Quercus sp.)	1,15 (511)
Ch2 C	72,84	24,69	1,23	1,23	0	35 (Quercus sp.)	0,83 (680)
Ch2 D	76,54	20,99	2,47	0	0	24 (Quercus sp.)	0,74 (627)
US 2009	50.00	11,11	22,22	5,56	11,11	48 (Fagus sylvatica)	1 (47)

Tableau 27 : Mesures dendrométriques des échantillons du site de Péronnette

La vitrification

L'analyse du degré de vitrification des lots anthracologiques de Péronnette montre l'occurrence fréquente de charbons appartenant aux catégories de vitrification 1 et 2, c'est-à-dire présentant un aspect luisant ou des plages d'apparence fondue. Seul l'échantillon Fy.6 fait exception avec 92,8 % des charbons non vitrifiés (Tableau 28).

Lorsque ces résultats sont reportés sur le diagramme de référence (Figure 69), l'échantillon Fy. 6 apparaît très nettement isolé dans l'angle inférieur gauche du diagramme. Il s'agit du foyer de grillage utilisé pour l'établissement du modèle. De la même façon, les lots prélevés dans la charbonnière sont ceux qui ont servi de référence archéologique.

Le lot 2009 présente une signature de vitrification semblable à celle observée en contexte de charbonnière ou de production industrielle de charbon. L'origine de cette nappe charbonneuse semble donc être à rechercher dans un évènement de type démantèlement d'une aire de charbonnage.

L'échantillon récolté dans la cuve du bas-fourneau Fy. 2 se retrouve à l'interface entre les lots de charbon de bois et ceux issus de four de réduction. Cette signature diffère des résultats obtenus lors de l'élaboration du modèle. Une hypothèse pour expliquer cette divergence repose sans doute dans l'utilisation de la structure Fy. 2. En effet, la découverte de scories de réduction en position primaire dans ce foyer atteste de sa nature de bas-fourneau. Mais l'analyse de battitures réalisée par N. Girault sur le foyer du site de Trécélien suggère que ces structures ont également pu servir au travail post-réductionnel. Dans un tel cas, le forgeron peut très bien avoir rechargé son foyer avec du charbon de bois, ce qui entraînerait une dilution du signal caractéristique des bas-fourneaux.

Enfin, l'US 1051 présente une vitrification particulière, à mi-chemin entre le foyer ouvert et le charbon usiné. Elle ne correspond à aucun contexte examiné lors de l'élaboration du modèle.

	US. 1051		**US. 2033**		**Fy. 2**		**Fy. 6**		**US. 2009**		**Ch. 2A**		**Ch. 2B**		**Ch. 2C**		**Ch. 2D**	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
0 – Mat	215	70.3	75	50	52	37.1	192	92.8	206	54.9	152	49.7	176	56.1	171	55.0	189	59.8
1 – Luisant	83	27.1	71	47.3	71	50.7	15	7.2	148	39.5	145	47.4	124	39.5	136	43.7	109	34.5
2 – Fondu	8	2.6	4	2.7	17	12.1	0	0	20	5.3	9	2.9	14	4.5	4	1.3	18	5.7
3 – Scoriacé	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 28 : Fréquences absolues et relatives des degrés de vitrification observés lors de l'anthraco-analyse du site de Péronnette

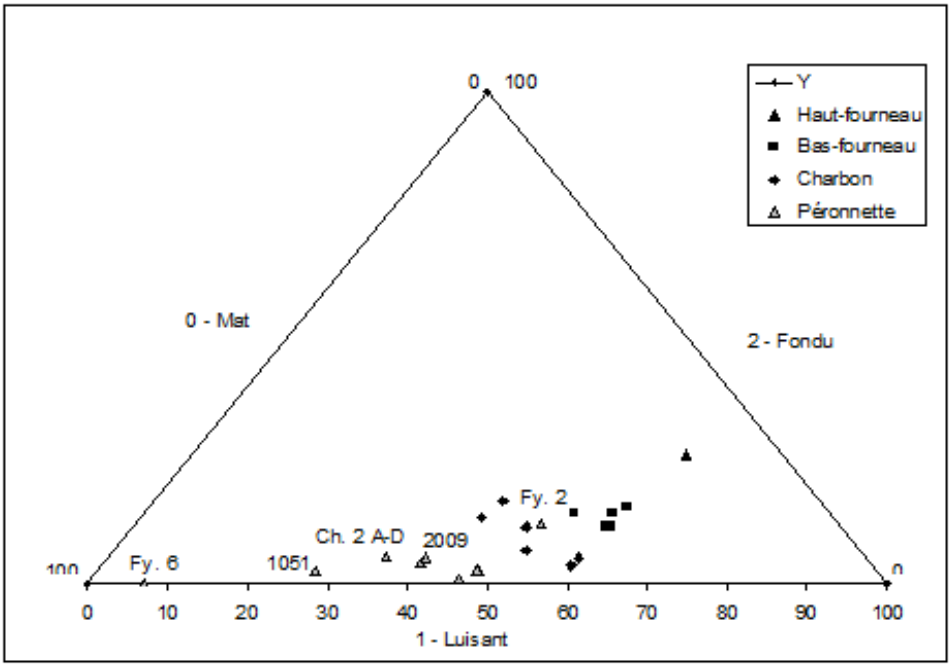


Figure 69 : Projection du degré de vitrification des échantillons de Péronnette sur le diagramme ternaire de référence

2.7.4 Interprétation

La présence de *Quercus fc.*, *Fagus sylvatica* et *Carpinus betulus* indique un approvisionnement en bois dans un secteur assez densément boisé de type chênaie dense. L'analyse anthracologique montre qu'au cours du temps le hêtre a peu à peu régressé dans l'environnement. Sa fréquence passe de 8,23 à 4,25 %. Il est remplacé par le charme dont les fréquences sont multipliées par un peu plus de 2,5 entre la base et le sommet de la charbonnière (1,90 à 5,56 %). Contrairement au hêtre, le charme est une espèce qui apprécie la lumière. Son développement en fin de séquence traduit certainement une ouverture du milieu. De plus, le charme s'épanouit dans les taillis de 20-30 ans. Le hêtre, en revanche, préfère les futaies. Le remplacement du hêtre par le charme témoigne sans doute également de ce changement dans la structure des boisements.

La présence de *Betula*, qu'il s'agisse du bouleau pubescent ou du bouleau verruqueux, atteste d'un approvisionnement en bois dans une zone plus claire. Il peut s'agir de boisements de reconquête comme des landes qui évoluent lentement vers une chênaie ou d'une boulaie qui se développe à proximité des cours d'eau.

2.8 Le Pas du Houx

2.8.1 Présentation du site

Ce site archéologique a été découvert lors de la prospection thématique dirigée par G. Larcher au début des années 1990 (Vivet 2009). Situé en arrière de la digue de l'étang du Pas du Houx, il se compose d'un amas de laitier aux teintes diverses et d'un réseau de talus et de fossés circulant tout autour, témoins d'une succession d'aménagements. Ces éléments suggèrent la présence d'un haut-fourneau sur le site. Pour fonctionner, il devait utiliser l'énergie hydraulique fournie par la retenue d'eau.

Une datation radiocarbone a été réalisée à partir d'un charbon de chêne prélevé dans un bloc de laitier. Elle a fourni un résultat compris entre 1418 et 1636 AD, soit au minimum une vingtaine d'années avant la création de l'entreprise des Forges par d'Andigné et de Farcy. Cette attribution chronologique semble cohérente par comparaison avec d'autres sites, comme celui de l'étang de Néal à Plouasne, dont l'activité remonte au minimum à la première moitié du XVIIème siècle. Sur ces deux sites, les laitiers présentent un aspect assez similaire, ce qui plaide pour l'utilisation de procédés proches voire identiques et sans doute une contemporanéité des deux ateliers. Toutefois, cette datation mériterait d'être confirmée par une ou plusieurs autres à cause des conditions de collecte de l'échantillon analysé. En effet, si une contamination peut être écartée car le charbon provient de l'intérieur d'un bloc de laitier, nous ne pouvons pas exclure avec certitude que ce résultat antérieur à 1653 (année de création des Forges) puisse résulter d'un effet vieux bois. Le charbon peut en effet provenir à l'origine du duramen (partie morte du bois) d'un arbre de haute futaie pluri-centenaire.

2.8.2 Echantillonnage

Ce site n'ayant fait l'objet d'aucune opération archéologique, le prélèvement de charbon a dû être réalisé dans les horizons superficiels du sol. Pour éviter toute contamination par des apports ultérieurs à l'activité sidérurgique, une centaine de charbons de bois a été récoltée directement dans les blocs de laitiers. Cette position évite la présence éventuelle de charbons plus récents mais limite la taille de l'échantillon. De plus, seuls les charbons de grande taille ont généralement pu être extraits des blocs de laitier.

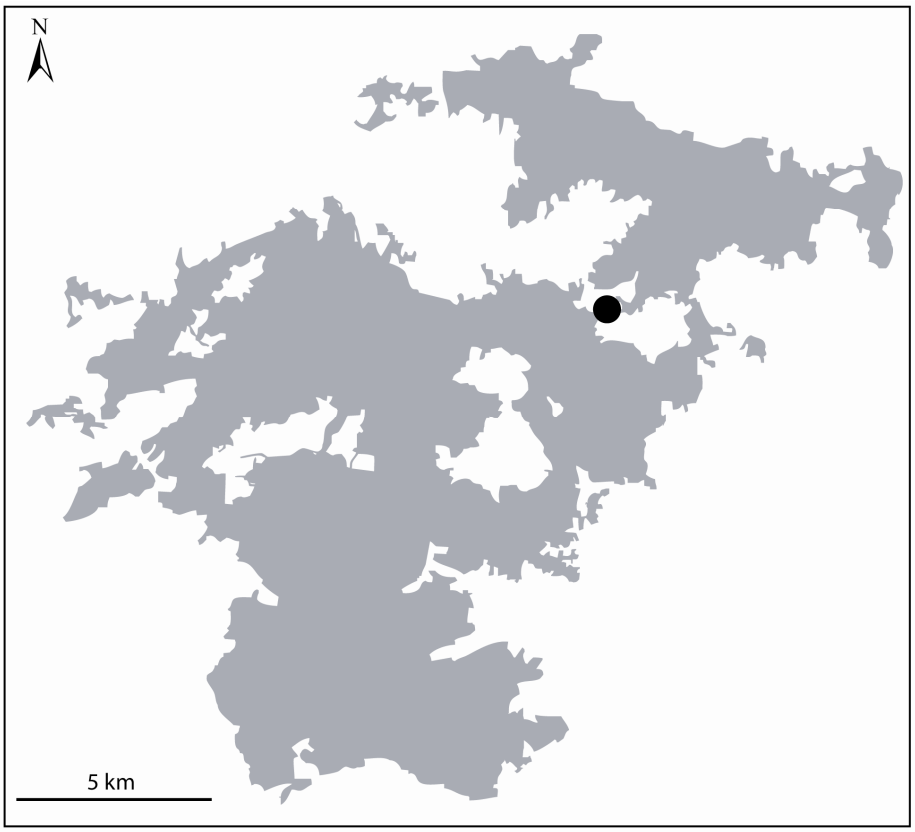


Figure 70 : Localisation du site du Pas du Houx

2.8.3 Résultats

Diversité taxonomique

L'analyse anthracologique a permis d'identifier quatre taxons (Tableau 29). Le hêtre est très nettement dominant à 61 %. Le chêne est également très bien représenté à 36 %. Le charme et le saule sont plus anecdotiques. Ils représentent respectivement 2 et 1 % du spectre anthracologique.

	Nb et %
Carpinus	2
Fagus	61
Quercus fc.	36
Salix	1

Tableau 29 : Fréquences absolues et relatives des taxons identifiés lors de l'anthraco-analyse du site de Pas du Houx

2.8.3.1 Calibres et dendrologie

Pour pouvoir identifier les charbons de bois, il a été nécessaire de les extraire des blocs de laitier. Cette opération a entraîné une forte fragmentation de l'échantillon. Toute mesure de calibre est alors devenue impossible.

Des mesures de largeur de cernes ont pu être réalisées sur 115 cernes répartis sur huit charbons de chênes. Les valeurs moyennes pour chaque charbon ont pu être calculées à partir de séries de 5 à 25 cernes. Elles varient de 0,69 à 1,99 mm avec un maximum entre 1 et 1,5 mm (Figure 71). La valeur moyenne de l'échantillon est 1,08 mm.

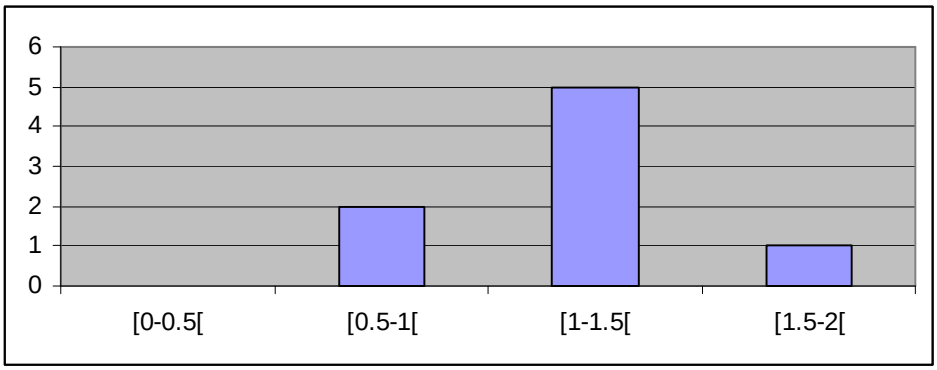


Figure 71 : Répartition du nombre des charbons par classe de taille moyenne de cerne en mm

2.8.3.2La vitrification

Cet échantillon présente une degré de vitrification élevé avec plus 61 charbons luisants, 26 présentant des plages « fondues » et 1 charbon d'aspect scoriacé (Tableau 30). Il correspond au seul lot anthracologique issu du procédé de réduction indirect du fer. Il a donc été utilisé lors de l'établissement du modèle sur la vitrification. Dans le diagramme ternaire, il se singularise à cause de sa forte proportion en charbon de la catégorie 2 - Fondu.

	Nbr et %
0-Mat	12
1-Luisant	61
2-Fondu	26
3-Scoriacé	1

Tableau 30 : Fréquences absolues et relatives des degrés de vitrification observés lors de l'anthraco-analyse des charbons du site du site du Pas du Houx

2.8.4 Premières interprétations

Le hêtre est une espèce dryade qui « n'aime pas » les taillis ouverts même s'il peut rejeter sur souche. Sa forte fréquence dans le spectre anthracologique (61 %) traduit donc la présence d'un boisement fermé. Il était accompagné de chêne caducifolié, peut-être le chêne sessile (*Quercus petrea*) qui supporte mieux la concurrence du hêtre que le chêne pédonculé (*Quercus robur*). Le hêtre, ainsi que le chêne sessile, sont des espèces qui se développent mieux en contexte de futaie. Leur dominance dans les assemblages indique la présence de boisements denses sans doute peu exploités, avec de nombreux arbres de haute sève.

L'identification d'un charbon de saule, quelque soit l'espèce, atteste de l'exploitation d'une zone humide : bord de rivière, étang, mare ou tourbière.

3. Synthèse et discussion

3.1 Bilan des résultats

3.1.1 Le premier âge du Fer

Le Hallstatt n'est renseigné que par le site du *Bois Jacob*. Il se caractérise par une collecte relativement diversifiée comparée à la petitesse de l'échantillon anthracologique. Cinq taxons ont été reconnus pour seulement 35 charbons de bois analysés. L'assemblage est dominé par le frêne. Son association avec le chêne caducifolié et le pin sylvestre témoigne de l'exploitation d'une chênaie claire où des fourrés de Pomoïdées se développent.

3.1.2 Le second âge du Fer

La période laténienne correspond au développement de la sidérurgie dans la société protohistorique. L'usage du fer devient de plus en plus fréquent et n'est plus l'apanage des seules classes aristocratiques.

Cette période est documentée par neuf lots anthracologiques récoltés sur quatre sites archéologiques : *Le Perray, Les Glyorels III, la ligne de la Fenderie au Gué* et *la Boissière*. Dans l'ensemble des lots, le chêne caducifolié apparaît toujours comme l'espèce dominante. Dans huit lots, il est même le seul taxon présent (Figure 72). L'échantillon St. 203 de la *Ligne de la Fenderie au Gué* se singularise avec quatre taxons identifiés et seulement deux tiers du spectre anthracologique composés de *Quercus fc*.

Au second âge du Fer, l'approvisionnement en bois pour les ateliers sidérurgiques est caractérisé par l'exploitation de la chênaie. Le noisetier, le bouleau et le charbon de Prunoïdée présents dans le lot St. 203 sont des espèces héliophiles, c'est-à-dire qu'elles se développent dans des milieux relativement ouverts. Leur présence témoigne de la fréquentation de lisière ou de boisements clairs pour la collecte du bois. Des résultats assez similaires avaient déjà été perçus localement par D. Marguerie lors de l'analyse des charbons du fond du four de Couédouan (Marguerie 1992). Le cortège y était également dominé très largement par le chêne (plus de 99%). Le reste était composé de genêt ou ajonc.

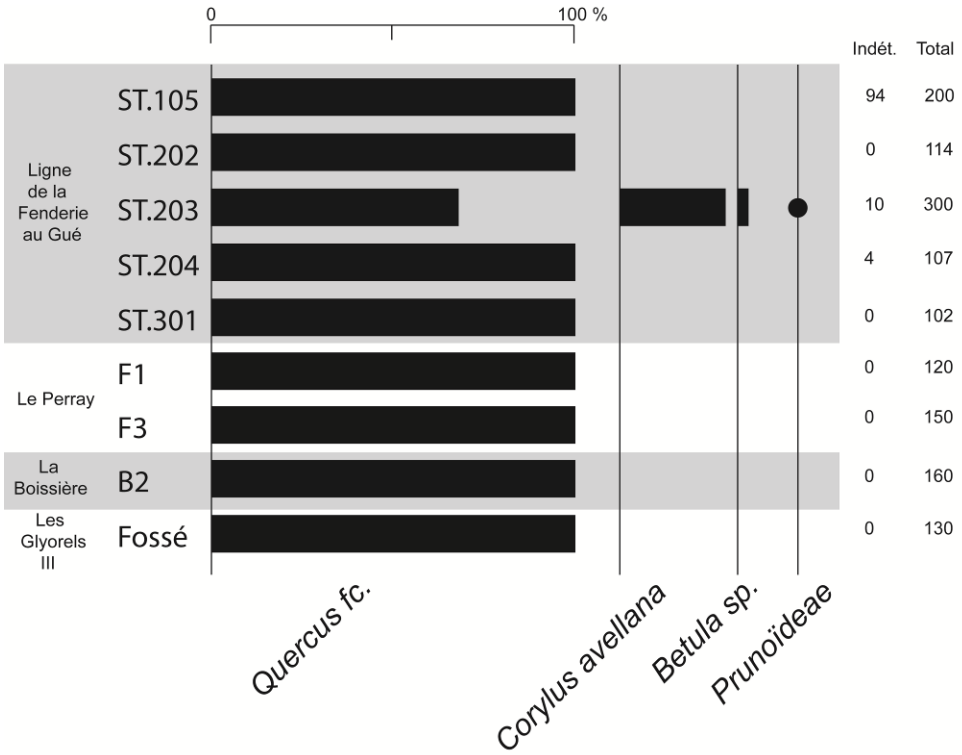


Figure 72 : Diagramme anthracologique des sites du second âge du Fer

3.1.3 Le bas Moyen Âge

Il semble correspondre à une évolution majeure de la sidérurgie paimpontaise. Les quantités importantes de scories attribuables à cette période (un minimum de 12 000 tonnes peut être estimé) plaident pour le passage d'une production jusque là artisanale à un système qu'il est sans doute possible de qualifier de proto-industriel.

Cette dernière partie du Moyen Âge est représentée par six échantillons provenant de deux ateliers : le *Vert Pignon III* et *Péronnette*, et de quelques charbons récoltés à vue. Au sein des 1366 charbons étudiés, onze taxons ont été identifiés. Le charme, le chêne et le hêtre sont présents sur les deux sites. Ils représentent, à eux trois, environ 60% du spectre anthracologique médiéval (Figure 73). Ces trois espèces se rencontrent dans les milieux forestiers. Le charme et le hêtre sont des espèces d'ombre, voire de demi-ombre. Ils se rencontrent préférentiellement dans les forêts denses de type futaie. *Quercus fc.* regroupe le chêne sessile et le chêne pédonculé. Si le premier est fréquemment associé aux charmes et hêtres, le second laisse entrevoir la présence de boisements plus clairs où peuvent s'épanouir érables, noisetiers et *Pomoïdeae*.

Les ripisylves et autres zones humides ont également servi à l'approvisionnement des ateliers sidérurgiques. Le bouleau y a été prélevé de façon préférentielle. Les autres taxons, aulne, saule, tremble et bourdaine, ne sont présents que de façon anecdotique.

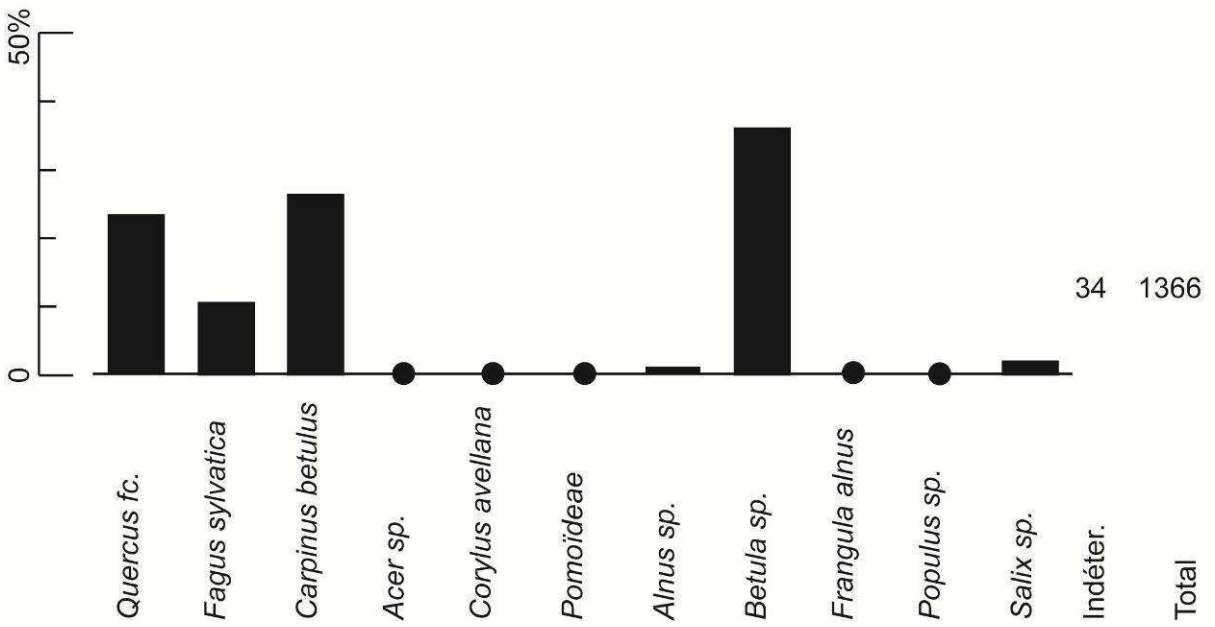


Figure 73 : Diagramme anthracologique de synthèse pour le bas Moyen Âge

3.1.4 La période moderne et subactuelle

A partir des XVI-XVIIème siècle, la métallurgie du fer à Paimpont connaît une révolution. La réduction par procédé indirecte apparaît sur le massif. Elle provoque le passage vers un système de production industriel. Les quantités de fonte et de fer produites ne cesseront d'augmenter jusqu'à la moitié du XIXème siècle. Puis elles diminueront rapidement jusqu'à l'extinction définitive des hauts-fourneaux en 1884.

Cette période est renseignée par six échantillons anthracologiques. Le premier provient de l'amas de laitier du *Pas du Houx*, les autres sont issus du site de *Péronnette*. Deux échantillons ont été datés, le Pas du Houx et Péronnette 2009. Les calibrations indiquent que le premier correspond à une activité entre 1418 et 1636. Le second est plus récent, entre 1645 et 1781 avec un maximum de probabilité entre 1645 et 1668 (71,5%).

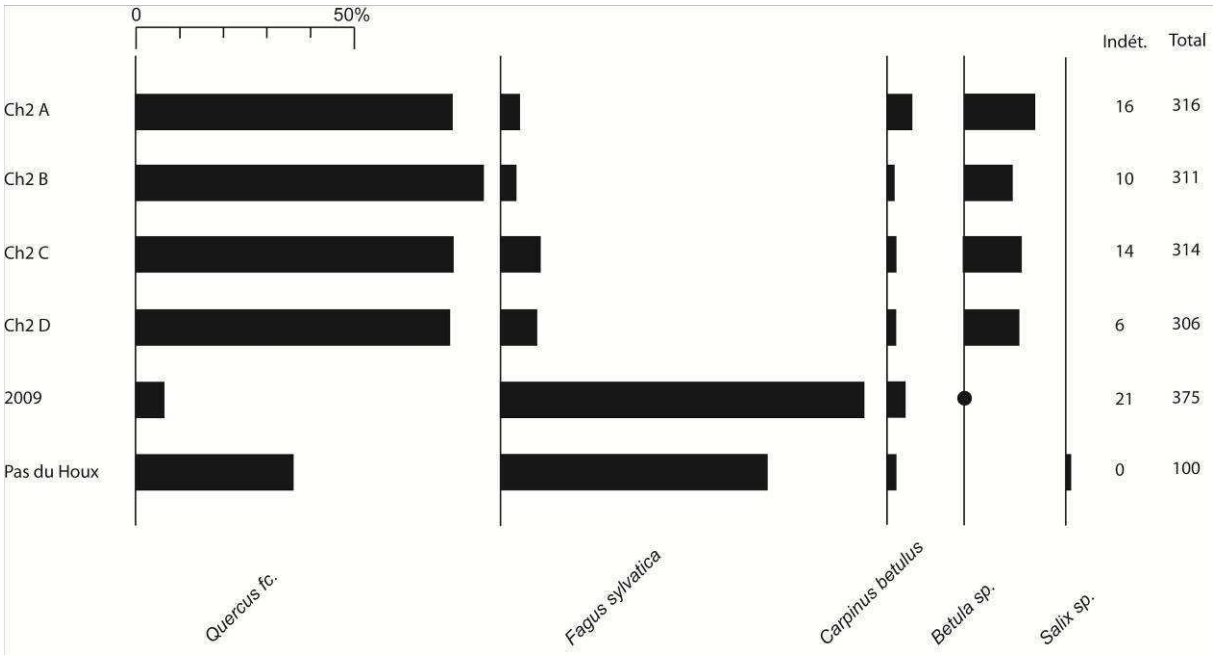


Figure 74 : diagramme anthracologique pour la période moderne et subactuelle

La base du diagramme est assez homogène avec une nette dominance du hêtre (Figure 74). Elle laisse penser à l'exploitation d'une formation végétale dense qui se développe sur des sols épais bien drainés. Il s'agit d'une forêt collinéenne de type *Carpinion-betuli* ou *Quercion robori-patreae*. Sa forme est sans doute celle d'une futaie dense où croissent également le chêne et le charme. Le saule et le bouleau s'y retrouvent également, mais dans les zones plus humides au couvert plus lâche.

L'échantillon 2009 et ceux de la charbonnière sont distants d'environ 75m. Ils correspondent tous à une production de charbon, pour laquelle l'approvisionnement en bois se fait généralement à faible distance de l'aire de travail (Larcher 1986, Dubois 1990, Fabre 1996). Aussi, les zones de récolte doivent être assez similaires voire identiques. Dans ce cas, les variations observées doivent correspondre à une évolution dans le paysage ligneux de la parcelle.

Entre l'US 2009 et l'échantillon Ch2D, le hêtre diminue fortement (de 70 à 10%) tandis que le chêne connaît un essor (20 à 70%). La formation végétale exploitée apparaît comme se développant toujours sur un sol assez épais et bien drainé et semble toujours correspondre à une forêt collinéenne. Toutefois, contrairement au hêtre, les chênes présents en Bretagne sont des espèces héliophiles ou de demi-ombre. Leur développement décrit, par conséquent, un environnement certes boisé mais moins dense.

Les mesures de calibre indiquent l'exploitation d'éléments de faible diamètre, généralement moins de 10cm, issus soit de branches soit de petits troncs. Ce type de

combustible se trouve en abondance dans les exploitations de type taillis, mode de gestion qui convient particulièrement au charme dont la fréquence double dans le dernier échantillon (2,5 à 5%). En effet, il s'agit d'une espèce qui repousse très bien de souche (Lieutaghi 2004). Sur les charbons de chêne qui présentaient une section complète, le nombre de cernes observés suggère une exploitation dont la durée se réduit passant d'une trentaine à une quinzaine d'années.

3.2 Le comportement de sélection

Au cours de l'étude anthracologique, des diversités taxonomiques très variées ont été rencontrées en fonction des périodes. Elles n'apparaissent pas liées au nombre de charbons analysés puisque le site du Bois Jacob présente plus de taxons que l'ensemble des ateliers du Second âge du Fer alors que seulement 35 charbons ont été analysés contre 1383 pour La Tène (Figure 75).

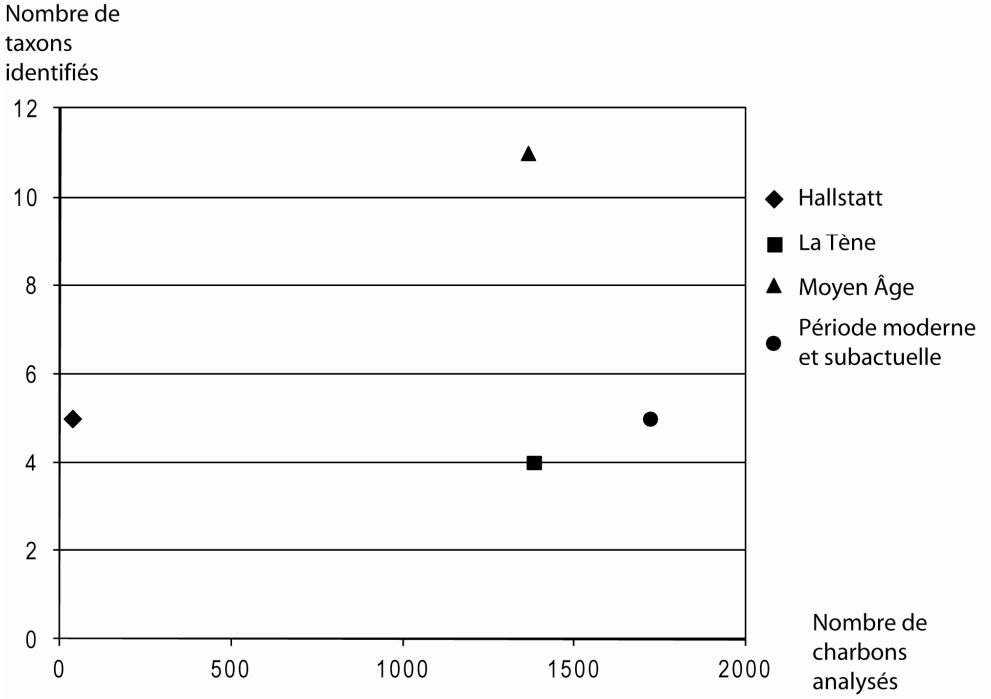


Figure 75 : Variation de la diversité taxonomique par période en fonction du nombre de charbon analysés

Afin de comprendre cette variation dans l'approvisionnement, il a été décidé d'estimer, pour chaque période, la quantité de combustible nécessaire sur le massif de Paimpont. Pour cela, nous nous sommes appuyés, avec l'aide de C. Le Carlier, sur les calculs de rendements des procédés sidérurgiques à partir des analyses de minerais et scories de

Paimpont (Vivet 2009 à 2002, données inédites) et des données historiques. La méthode utilisée est celle mise au point par V. Sernels (1994). Elle s'appuie sur la provenance unique de certains éléments depuis le minerai et de leur conservation complète au sein de la scorie. A partir de cette valeur de rendement, il est possible d'estimer la quantité de minerai nécessaire à chaque période. Pour cela il est nécessaire de posséder la masse moyenne de scories produite par un atelier ou une opération de chaque période. Puis, de multiplier cette valeur par le nombre d'atelier connu ou estimé sur la zone.

Pour le Hallstatt, le seul atelier connu est celui du Bois Jacob. Bien que quelques dizaines de scories de fond de four aient été découvertes, une estimation de la production est difficile à établir. A cette période le fer étant un produit de luxe, nous avons décidé, arbitrairement de supposer que la production était de l'ordre d'une opération par an. Le nombre de 400 a été retenu.

Au second âge du Fer, les ateliers sont caractérisés par la présence d'une zone de coloration rouge. Les travaux menés par J.-B. Vivet semblent indiquer, qu'une de ces zones correspond à un four à usage unique. 200 de ces aires ayant été localisé sur environ un cinquième du massif, la quantité d'opérations pour la période peut être estimée à près d'un millier.

Les ateliers médiévaux, à scories dites spongieuses, sont une douzaine. Les estimations de volume des amas de scories réalisées sur trois d'entre eux suggèrent une masse moyenne d'un millier de tonnes par atelier, soit 12000 tonnes sur l'ensemble du massif.

En revanche, pour la période postérieure à l'apparition du haut-fourneau, des données historiques existent. Pour le fonctionnement des Forges, elles indiquent une consommation de 10000 cordes de bois puis 20000 à partir de la fin du XIXème siècle, puis un retour vers 10000 une vingtaine d'année plus tard.

Pour établir la consommation en charbon par période, les calculs ont été réalisés sur la base de 1/1 et 1/4 en rapport de masse minerai-charbon (Coliou 2010 ; Levainville 1912). Puis la conversion en volume de bois a été basée sur un rendement de 250kg de charbon par stère de bois de chêne (Larcher 1986). Enfin, afin d'obtenir des données plus facilement interprétables en terme d'impact paysagé, le volume de bois par période a été rapporté en terme de nombre d'arbre. Pour cela, l'unité de base est un chêne de 10*0,5m de fût. Le tronc est considéré comme un cylindre et le houppier fournit un volume de bois équivalent à celui du tronc (S.F.d.F.-C.P E., 2002), soit un total de 7 stères/arbre. Les estimations obtenues pour ces calculs figurent dans le tableau ci-dessous.

Les résultats montrent une très nette progression des besoins en combustibles entre l'apparition de la sidérurgie sur le massif et celle des hauts-fourneaux. La plus petite valeur étant de seulement 22 chênes au Hallstatt pour un maximum de 157680 entre 1653 et 1796.

Au regard de ces résultats, les différentes diversités observées précédemment peuvent être interprétées de façons assez différentes.

Pour le Premier âge du Fer, seuls 22 à 886 arbres semblent avoir été nécessaire pour une durée de 400ans, ce qui, ramené à une seule opération, ne constitue que peu de bois. Aussi, à ses débuts, la métallurgie du fer devait pouvoir se satisfaire d'une collecte en combustible peu orientée, où les forgerons ramassaient le tout-venant. Ceci expliquerait la présence d'un cortège diversifié lors de l'anthraco-analyse, malgré la petitesse de l'échantillon. Les taxons originaux présents, le lierre et le pin sylvestre, correspondant à une collecte opportuniste sur le lieu de réduction ou lors du trajet y conduisant. Ce comportement est souligné par la faible épaisseur des parois cellulaires chez le pin, signe d'un ramassage de bois mort (Théry-Parisot 2001).

	1° AdF	2°AdF	BMA	1653-1796	1796-1884
Masse de scorie par opération en kg	60	300	30		
Masse de minerai par opération en kg	94.2	471	73.2		
masse de charbon par opération en kg (haut min 1/1 ; bas max 4/1)	94.2	471	73.2		
	376.8	1884	292.8		
Masse de Charbon par période en kg	37680	471000	29280000		
	150720	1884000	117120000		
Volume de bois en stère (250kg de charbon / stère de bois)	150.72	1884	117120	3942000	3754000
	602.88	7536	468480		
Nombre de chêne (10m*0,50mØ ≈ 7 stères de bois)	22	269	16731	157680	150000
	86	1077	66926		
Nombre d'opérations estimé par période	400	1000	400000		

Tableau 31 : Estimation du nombre d'arbre nécessaire à la métallurgie par période.

A La Tène, la consommation de bois se fait plus importante. Pourtant, la diversité taxonomique diminue. Le chêne est très largement majoritaire. Il est le seul taxon présent

dans huit des neuf échantillons et représente près des deux tiers du dernier. Cette transformation des spectres anthracologiques marque un changement dans le comportement d'approvisionnement des forgerons. A la cueillette du Hallstatt fait place un choix du chêne. L'analyse de l'échantillon St.203 de la Ligne de la Fenderie au Gué montre que c'est bien l'espèce qui est essentielle. Les calibres sont extrêmement variés dans ce lot allant de moins de 5cm à plus d'un mètre. De plus, près de la moitié des restes analysés correspondait à de l'écorce. Cette utilisation préférentielle du chêne suggère une découverte des différences dans la qualité combustible des essences ou en tout cas de leur charbon. En effet, le chêne est considéré comme fournissant le meilleur charbon de bois (Larcher 1986).

La pratique de cette sélection signifie également que la ressource est suffisante pour ne pas avoir à substituer le chêne par un ou plusieurs autres taxons. Les estimations précédentes confirment, malgré le nombre important d'ateliers, la faible pression sur le milieu. En effet, d'après ces calculs, 269 à 1077 arbres ont été utilisés à La Tène, soit seulement entre 0,5 et 2,6 arbres par an si l'on étale cette consommation sur l'ensemble de la période. Elle est ridicule et le renouvellement devait être suffisant pour que n'apparaisse pas de raréfaction de la ressource.

Au Bas Moyen Âge, la production s'intensifie et par conséquent la consommation en combustible également. Les chiffres de 16 731 à 468 480 chênes reflètent bien cette évolution. La durée de l'activité des sites à scories spongieuses est difficile à établir. Toutefois, les datations obtenues sont assez homogènes. Leurs calibrations calent ces sites entre 1252 et 1421 AD, soit sur environ 170 ans. Sur cette durée, la consommation moyenne annuelle se situerait entre 98 et 2 756 chênes « théoriques ». Mais la durée de 170 ans est sans doute surestimée au vu de l'homogénéité des formes céramiques (Vivet 2009), ce qui accroît la consommation annuelle. Il faut également prendre en compte le combustible nécessaire aux travaux post-réductionnels. Dans de telles conditions, il est possible que la ressource se soit rapidement raréfiée. Chênes, hêtres et charmes, qui fournissent le meilleur charbon, n'apportant plus assez de bois, l'approvisionnement a dû s'orienter également vers les espèces moins intéressantes comme l'aulne ou le saule. La diversité des assemblages anthracologiques s'en trouve alors accrue.

Enfin, pour la période de fonctionnement des Forges, il semble que plus de 300 000 arbres « théoriques » aient été nécessaires, soit une moyenne de 1393 arbres par an. Bien que ce chiffre équivaille à environ deux fois la consommation annuelle estimée pour la période

médiévale, la diversité rencontrée en anthracologie n'est plus que de cinq taxons. Ceci sous-entend, semble-t-il, un retour vers une sélection plus importante des essences, avec une préférence nette pour le chêne, le bouleau, le hêtre et le charme, le saule n'apparaissant que de façon discrète dans un seul échantillon. Ces essences sont connues par les charbonniers pour fournir du charbon d'excellente qualité. Ainsi, en 1932, Ch. Le Goffic récoltait le témoignage suivant d'un charbonnier de Paimpont : « *On brûle surtout du bouleau. Mais le chêne est encore meilleur ; le hêtre est bon, sans valoir le chêne ; le sapin ne vaut rien ; le châtaignier pas grand'chose* » (Le Goffic, 1932). Leur utilisation correspond donc à un approvisionnement en combustible de la meilleure qualité pour les hauts-fourneaux. Etrangement, il ne semble pas apparaître de raréfaction de ces essences dans le milieu qui entraînerait le besoin de diversifier les récoltes en bois. Les autres essences, moins propices au charbonnage, n'apparaissent en effet pas dans les spectres anthracologiques. Ceci pourrait suggérer une meilleure gestion des ressources qu'au Bas Moyen Âge. Mais, il faut également prendre en compte que cinq échantillons sur six attribués à cette période proviennent de deux aires de charbonnage proches. Aussi, il ne faut pas exclure que le secteur de Péronnette ne reflète pas la dynamique globale du massif. L'exploitation minière peut avoir limitée les activités de charbonnage à proximité. De plus, une postériorité de la charbonnière Ch2 à l'activité des Forges ne peut être exclue, cette structure ne bénéficiant pas de datation absolue. Dans de telles conditions, le charbon de saule observé au Pas du Houx n'est plus anecdotique mais révèlerait une collecte qui ne se restreint pas aux essences les plus propices au charbonnage.

4. Conclusion

Les analyses anthracologiques menées sur huit ateliers sidérurgiques du massif de Paimpont permettent d'appréhender l'évolution du comportement des forgerons dans le choix de leur combustible depuis le premier âge du Fer. Elles livrent également, ponctuellement, un éclairage particulier sur la gestion de la ressource ligneuse. En revanche, le contexte de prélèvement, bien souvent dans les foyers, n'offre que peu d'information sur l'évolution paysagère à large échelle, puisqu'il reflète alors une courte durée d'utilisation à laquelle correspond un approvisionnement obligatoirement plus réduit. De plus, les lots sont très largement dominés, quand ce n'est pas exclusivement, par les taxons caractéristiques de la chênaie caducifoliée.

Ainsi, il apparaît que la première sidérurgie à Paimpont n'aie que très peu impacté le couvert végétal. La mise en parallèle de la relative diversité de l'échantillon de cette période avec les estimations du besoin pour la production montre que pour les premiers forgerons du massif les besoins étaient faibles et l'approvisionnement peu sélectif. Lianes et bois mort évoquent une cueillette opportuniste, peu ciblée, qui répond plus à la satisfaction d'un besoin qu'à un choix marqué.

Avec le second âge du Fer, le nombre d'ateliers augmentent, les besoins en bois également. Toutefois, l'approvisionnement en combustible apparaît bien plus ciblé. Le chêne est très largement dominant et même le seul taxons dans la quasi-totalité des lots anthracologiques. Les propriétés combustibles de son charbon font parties des meilleures dans le Nord-Ouest de la France. Aussi, l'évolution perçue au travers de la diminution du ratio Nombre taxons/Nombre de charbons entre les deux parties de l'âge du Fer enregistre très certainement un phénomène d'acquisition empirique de ces connaissances sur les qualités combustibles des charbons en fonction des essences d'origine. Des comportements opportunistes demeurent. Ils se perçoivent avec l'échantillon St.105 de la Ligne de la Fenderie au Gué. Bien que seul le chêne soit présent, l'extrême abondance d'éléments présentant tout ou partie d'écorce (environ la moitié du lot) témoigne d'une attitude de « recyclage » où les probables déchets d'un travail du bois sont récupérés pour alimenter le foyer.

Après un hiatus courant du début du haut empire gallo-romain à la première moitié du bas Moyen Âge, les données concernant l'approvisionnement en combustible pour la métallurgie sont de nouveau disponibles pour le XIVème siècle avec les échantillons du Vert

Pignon III et de Péronnette. La forte diversité qui y est observée résulte d'une explosion des besoins. Il semble que le calibre du charbon devienne un critère de sélection tout comme l'essence et peut être même devient-il plus important que celle-ci. L'importante production de fer qui se déroule sur un laps de temps réduit entraîne certainement une forte baisse de la disponibilité en bois de chêne, hêtre et charme qui fournissent du charbon de première qualité. Devant la nécessité de faire fonctionner les fourneaux, l'utilisation d'autres essences a pu devenir obligatoire. Il a fallu faire feu de tous bois. En plus de la chênaie, les ripisylves, les lisières voire les landes sont mises à contributions.

Enfin, pour la période de fonctionnement des hauts-fourneaux la vision fournie par l'anthracologie est très restreinte. A l'exception du lot récolté au Pas du Houx, ceux attribués à cette période sont issus de charbonnières et ne témoignent de l'évolution végétale que dans leur zone d'approvisionnement, soit généralement un espace relativement réduit aux conditions abiotiques peu fluctuantes. On distingue toutefois, une évolution vers des calibres sensiblement plus réduit et une hausse du charme. Couplées, ces deux informations évoquent le développement d'une gestion en taillis, probablement sur souche, dont la vitesse de rotation des coupes tend à se réduire.

Quatrième partie : approche archéologique et historique

1. Introduction

Les données polliniques permettent de retranscrire l'histoire de la végétation et donnent un aperçu du paysage tant au niveau local, autour de la zone humide, qu'au niveau régional. En revanche, elles ne permettent que difficilement d'appréhender dans le détail les nombreuses activités humaines qui peuvent se dérouler. Les indices polliniques d'anthropisation, à cause des similitudes morphologiques des pollens, ne permettent généralement pas d'aller plus loin que l'attestation de la pratique de l'agriculture et de l'élevage. Parfois, l'enregistrement de nombreux pollens de lin ou de chanvre suggère présence du travail de leur fibre pour la toile.

De leur côté, les analyses anthracologiques réalisées sur les échantillons provenant des sites sidérurgiques du massif de Paimpont ne renseignent que sur l'exploitation de la forêt pour alimenter les fours. Elles ne fournissent donc de l'information que sur l'un des nombreux usages du bois qui ont dû se dérouler dans notre secteur d'étude.

Dans cette partie, intitulée approche archéologique et historique, l'objectif est de fournir une spatialisation aux résultats de la palynologie grâce à la répartition des vestiges et aux documents cartographiques. De plus elle permet de mieux définir les activités humaines et leur impact sur la gestion de la forêt.

2. Le corpus

2.1 Les données historiques

Pour la réalisation de cette étude 258 documents ou liasses d'archives ont été consultés. Les faits auxquels ils font référence couvrent une période d'environ 1400 ans entre le VIIème et le XXème siècle (Figure 76). Dans cet intervalle la répartition des informations est très inégale. Les données sur le haut moyen Âge sont particulièrement rares avec seulement une donnée concernant le VIIème siècle. A l'inverse, le XIXème siècle apparaît comme une période extrêmement bien renseignée, plus de 30 % des sources consultées s'y rapportent.

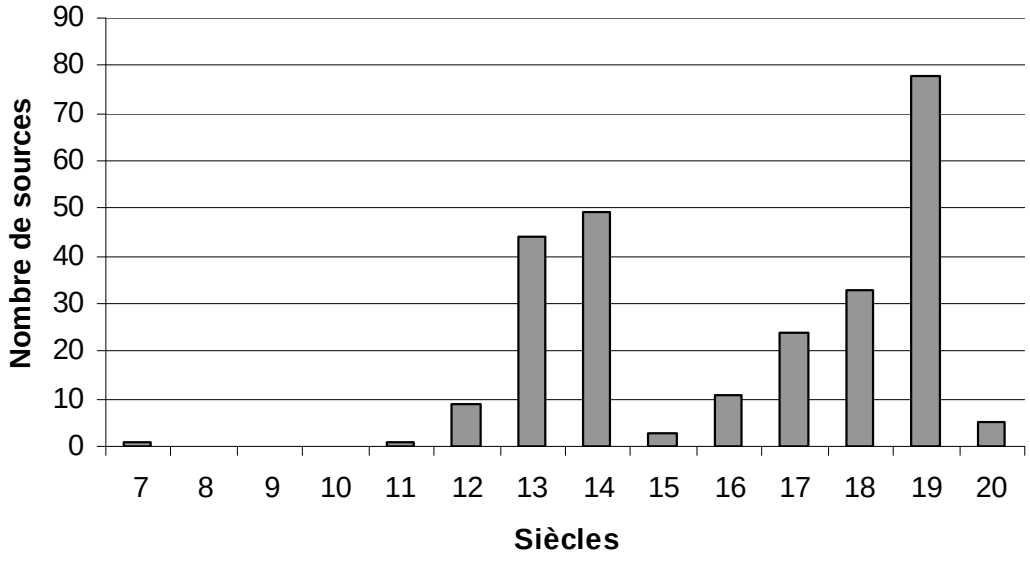


Figure 76 : Evolution nombre de sources par siècle tous documents confondus.

Cette hétérogénéité dans la répartition des données historiques reflète la présence de deux acteurs principaux dans la formation du corpus. Un premier pic de données couvre les XIIIème-XIVème siècle et représente 36 % du corpus. Il correspond essentiellement aux actes issus des cartulaires des abbayes de Saint Jacques de Montfort et de Notre Dame de Paimpont, fondées respectivement aux XIème et XIIIème siècles. Le second jeu de données est lié à l'activité des Forges de Paimpont fondée en 1653. Il englobe un peu plus de 52 % du corpus et couvre un intervalle de près de 250 ans entre le XVIIème et le XIXème siècle.

2.1 Les données archéologiques

Afin de compléter la vision de l'occupation du sol fournit par les textes pour les périodes historiques et pour renseigner les époques antérieures, des prospections inventaires ont été réalisées sur le massif de Paimpont entre 2008 et 2010 (Figure 77). Ces campagnes de terrain ont été couplées avec un enregistrement des vestiges connus par les habitants mais non répertoriés dans la Carte archéologique de Bretagne de la DRAC.

Elles ont permis d'inventorier plus d'une centaine de vestiges de natures très diverses : enclos, structures funéraires, sites métallurgiques, zones d'extraction (de minerai, pierre…), etc… (Figure 77). Malheureusement, une grande partie d'entre eux n'a pu être datée, rendant très difficile toute utilisation de cette documentation dans la compréhension de l'évolution de l'occupation du sol. En effet, un très grand nombre de sites est localisé en forêt. En dehors des

phases de dessouchage et de labours préalables à de nouvelles plantations, la seule possibilité pour découvrir du mobilier lors d'une prospection en contexte forestier est d'examiner les chablis, dont les occurrences sont rares.

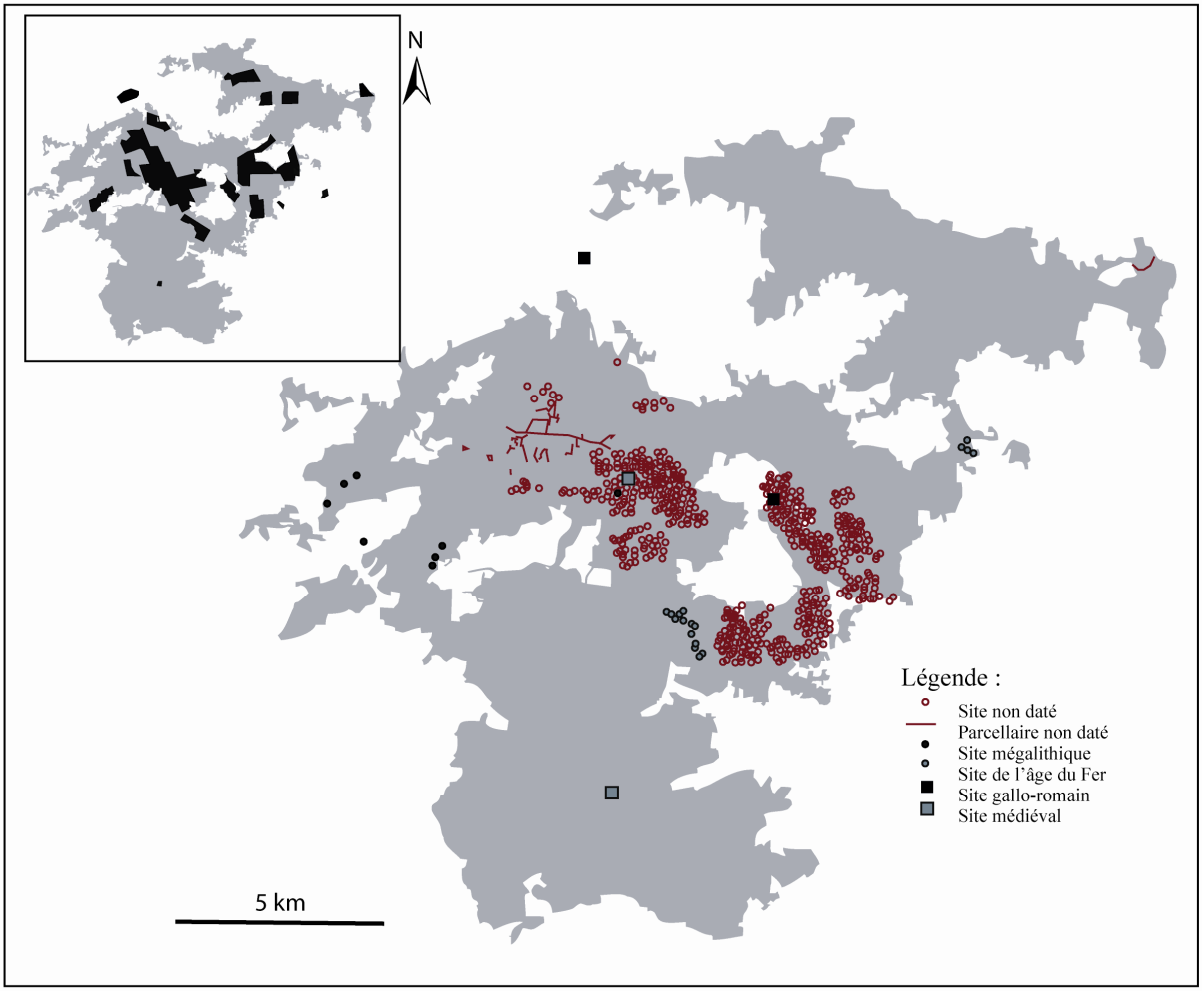


Figure 77 : Carte des zones prospectées depuis 2008

Pour cette raison, les données récoltées au cours de ces travaux de terrain ne seront que peu exploitées dans les pages à venir. Nous n'évoquerons que les vestiges pour lesquels une attribution chronologique a pu être réalisée, soit suite à la découverte de mobilier datant, soit grâce à une typologie des vestiges suffisamment significative pour les rapprocher de sites similaires datés.

3. La méthode régressive

Afin de retracer l'histoire du massif forestier de Paimpont à partir de l'ensemble de ces données, il a été décidé de s'appuyer sur une méthode régressive. Cette démarche d'analyse des documents historiques, mais ici également archéologiques, repose sur une lecture à rebours de l'histoire. Il s'agit ici, dans un premier temps, de partir de ce qui existe, l'actuel, puis de remonter le temps progressivement, de proche en proche, pour reconstituer les évènements qui ont permis d'aboutir à l'état observé : le paysage actuel. Cette méthode permet de dater les transformations paysagères par comparaison des reconstitutions paysagères successives entre elles (Hess 2004).

Dans le cadre de ces travaux, nous avons décidé de décomposer notre propos selon trois aspects afin de le clarifier. Dans un premier temps, nous tenterons de montrer l'évolution de l'aspect général du massif forestier au cours des derniers siècles.

Ensuite, la question des transformations du réseau hydrographique sera abordée. En effet, pour leur activité, les Forges de Paimpont avaient besoin d'une quantité d'énergie importante pour faire fonctionner soufflerie, brocarts, pilons… Celle-ci était principalement fournie sous forme hydraulique grâce aux nombreux étangs encore visibles dans le paysage. Mais ceux-ci ont-ils été créés pour les Forges ou bien celles-ci ont-elles profité d'aménagements préexistants ?

Enfin, comme le décor général aura été placé dans les points précédents, le rôle de l'homme dans ce paysage sera étudié au travers de l'utilisation et de la gestion de l'espace forestier et de l'ensemble du massif de Paimpont au cours des derniers siècles.

4. Résultats

4.1 Evolution des limites et partition du massif forestier de Paimpont

4.1.1 La forêt des Forges (1653 AD – aujourd'hui)

Aujourd'hui, la forêt de Paimpont s'étend sur environ 7000 ha. Bien que principalement située sur la commune éponyme, elle existe ici et là, de façon plus ou moins importante, sur les communes avoisinantes. On la retrouve ainsi au sud de Muel et de Gaël, mais également à la limite sud-ouest de Mauron. Elle se développe plus largement sur le territoire de Tréhorenteuc et de Néant-sur-Yvel. Enfin, elle occupe plus de la moitié de la commune de Saint-Péran. La quasi-totalité de la forêt, environ 90%, appartient à des propriétaires privés. Une grande partie de ce territoire est encore possédée par les héritiers des derniers propriétaires des Forges : les Lévêque. Les 10 % restants appartiennent au domaine public. Il s'agit de la forêt domaniale de Paimpont, au nord, et celle de Gaël-Paimpont à l'extrémité nord-occidentale.

Au sud du massif, environ 5000 ha de landes et bois occupent une grande partie du territoire de Beignon et débordent sur Saint-Malo-de-Beignon, Campénéac, Augan et Porcaro. Cet ensemble se situe en totalité sur le camp militaire de Saint-Cyr Coëtquidan. Il est parfois considéré comme faisant partie de la forêt de Paimpont mais constitue le plus souvent une entité distincte. En périphérie de cet ensemble d'un peu plus de 12 000 ha, gravite un ensemble de bois et bosquets. Parmi eux peuvent être mentionnés le bois de Maxent au sud-ouest, le bois de la Roche au nord-ouest ou encore les bois de Trémelin, Coulon et Montfort qui s'étirent en direction du nord-est.

Au début du siècle dernier, le paysage de la partie sud de ce massif boisé, dans le camp militaire de Coëtquidan, était très différent. En effet, cet établissement militaire fut fondé au début du XXème siècle à partir des landes de Coëtquidan qui servaient déjà depuis une trentaine d'années de champ de tirs (Bellevue 1913). Pour créer cet espace de formation militaire, l'état français a acquis un peu plus de 5 200 ha qui étaient jusqu'alors habités et cultivés. La campagne de photographie aérienne de 1925 montre la présence d'un paysage bocager encore parsemé de nombreuses habitations (Figure 78).

Figure 78 : Photographie aérienne du camp de Saint-Cyr-Coëtquidan (IGN, campagne de 1925)

Les dessins-minutes au 1/40000 ayant servi à l'établissement de la carte d'Etat-Major durant le second quart du XIXème siècle, livrent un paysage assez semblable à celui qui peut être observé à partir des premières photographies aériennes (Figure 79). La forêt de Paimpont présente alors des limites presque identiques à celles que nous connaissons actuellement. Elle s'étend déjà presque exclusivement sur les territoires de Paimpont et Saint-Péran. Sur ces plans, le massif boisé, à proprement parler, semble toutefois couvrir une surface plus restreinte. De grandes landes s'étendaient sur son pourtour. Elles se trouvaient principalement dans le secteur nord-ouest, à la place de l'actuelle forêt domaniale de Gaël-Paimpont, et tout le long de la limite occidentale, à la frontière avec les communes de Concoret, Tréhorenteuc ou Néant-sur-Yvel. En son centre, une grande lande dominait également le paysage sur une vaste étendue située entre l'abbaye de Paimpont, la Ville Danet et le village de Telhouët.

Quelques années plus tôt, en 1823, le cadastre est réalisé sur la commune de Paimpont. A l'aide d'un logiciel de type S.I.G (Système d'Information Géographique), il a été possible de redessiner l'ensemble du parcellaire de la commune de Paimpont. De plus, dans la base de données associée au document graphique, l'occupation du sol de chaque parcelle a été retranscrite à partir des informations contenues dans la matrice cadastrale. Le document

obtenu (Figure 80) fournit une représentation du paysage de la commune de Paimpont en ce début du XIXème siècle. Sur cette reconstitution, les limites de l'espace forestier apparaissent similaires à celles relevées lors de la réalisation de la carte d'Etat-major.

Figure 79 : Extrait des minutes d'Etat-Major au 1/40.000 (IGN, Géoportail)

C'est pendant le premier quart de ce siècle que le qualificatif de « Paimpont » semble se développer dans la toponymie. Les termes de forêt et forges de Paimpont se mettent à cohabiter avec ceux de forêt et forges de Brécilien usités jusque là, puis s'imposent. Cette métamorphose trouve sans doute son origine dans les transformations administratives qui résultent de la révolution française. Le découpage territorial se transforme rapidement. Les seigneuries disparaissent laissant place aux communes qui reprennent globalement les limites des paroisses dans le monde rural. Sur le massif, à la seigneurie de Brécilien succèdent les communes de Paimpont, Plélan-le-Grand et Saint-Péran. Le massif forestier s'étalant principalement sur la nouvelle commune de Paimpont, un amalgame entre les deux entités a dû nourrir ce changement d'appellation.

Pour les périodes antérieures au XIXème siècle, il ne s'agit donc plus de s'intéresser au massif de Paimpont mais à la forêt de Brécilien.

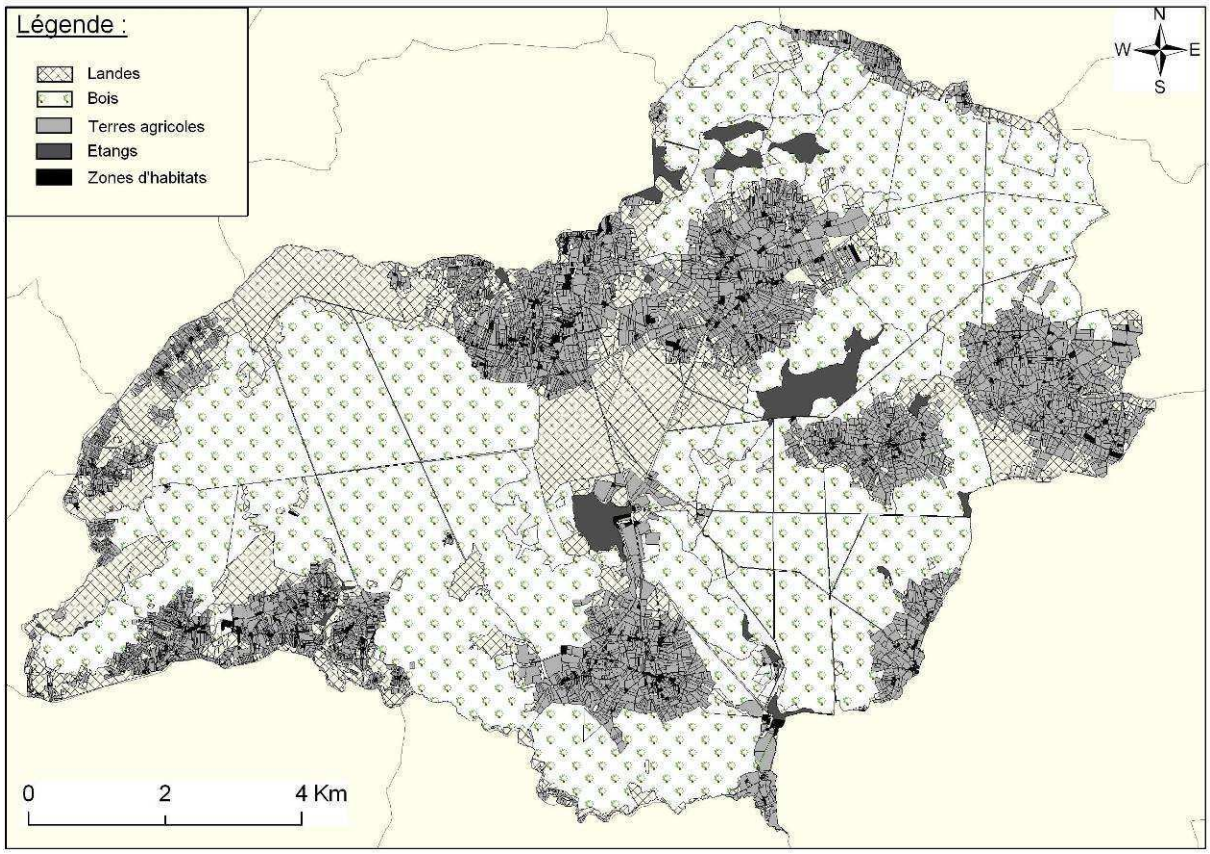


Figure 80 : Restitution de l'occupation du sol sur la commune de Paimpont à partir cadastre napoléonien (1823)

Trois documents cartographiques nous renseignent sur l'aspect que prenait cette forêt au cours du XVIIIème siècle. Deux concernent la fin de cette période, tandis que le troisième concerne la fin des années 1720.

La carte géométrique d'Ogée a été éditée en 1771 à la demande des Etats de Bretagne (Figure 81). Elle figure la forêt de Brécilien de manière relativement flou entre les villes de Ploërmel et de Montfort. Ce manque de précision résulte de la petite échelle utilisée, nécessaire à la représentation de l'ensemble de la Bretagne.

Cette carte est complétée par celle dite de Cassini (Pelletier 1990). Ce document est en réalité un ensemble de cartes au 1/86400 couvrant l'ensemble du royaume de France. La région de Paimpont figure sur la feuille de Rennes. Le massif forestier y est représenté d'une façon très similaire à celle que l'on peut observer sur les documents du siècle suivant. Il se compose approximativement de deux grandes zones boisées reliées, au sud, par une bande forestière (Figure 82). La première se situe à l'ouest, entre Paimpont et Campénéac. Elle occupe une superficie avoisinant les 20km². La seconde, triangulaire, court entre Beignon, Saint-Péran et Comper.

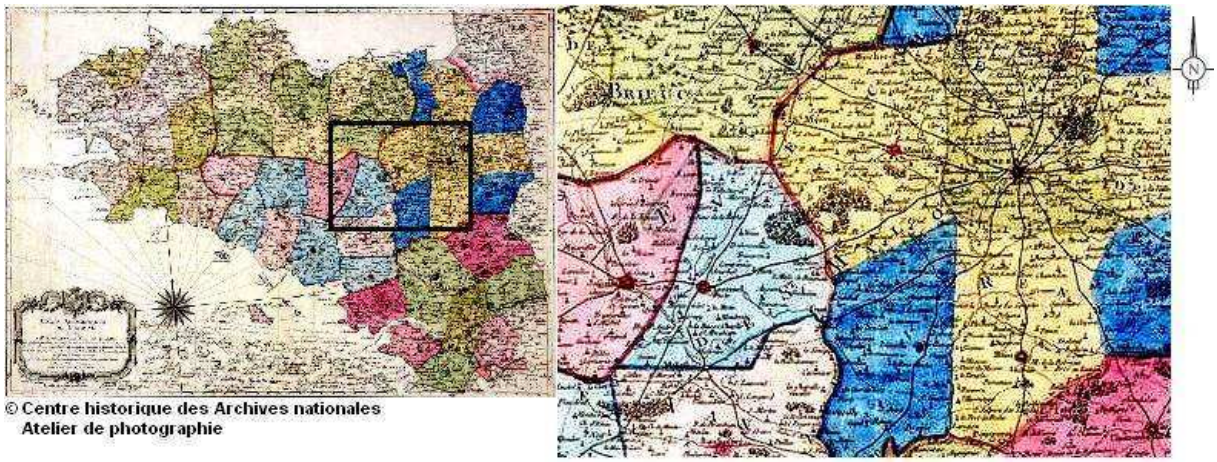


Figure 81 : Carte géométrique d'Ogée, 1771 (AN NN/182/54)

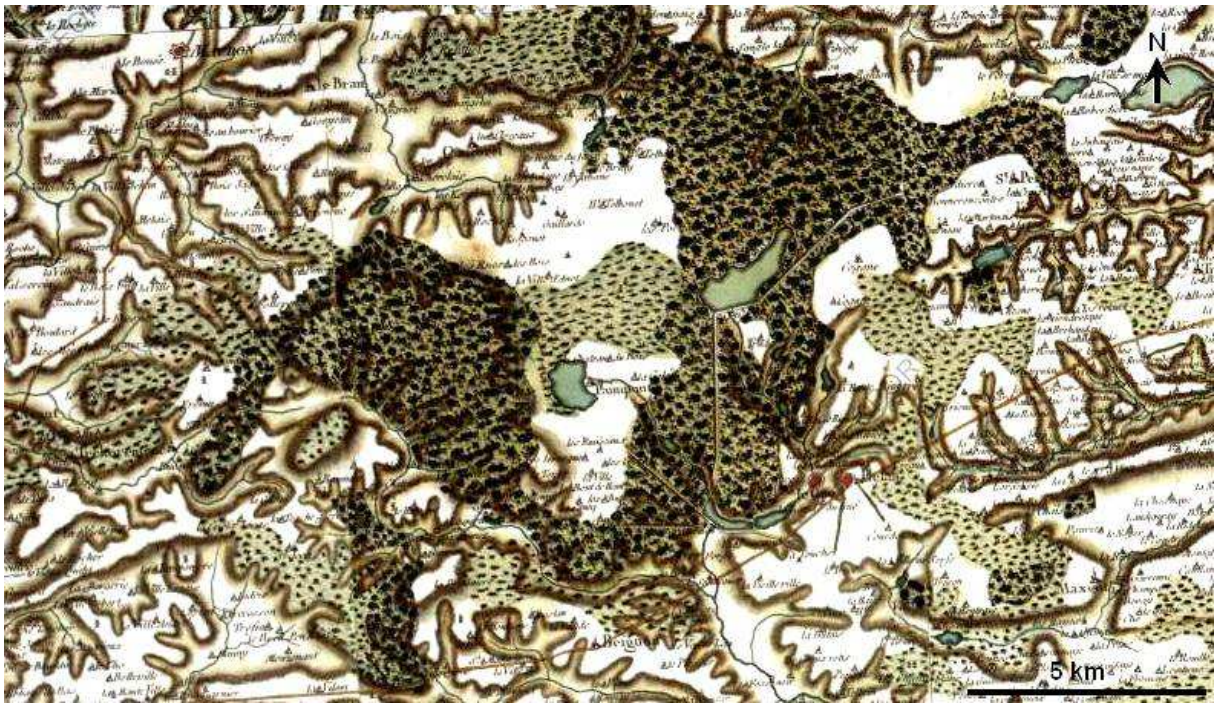


Figure 82 : Extrait de la carte de Cassini

Ces limites forestières semblent globalement avoir peu bougé au cours du XVIIIème siècle. La carte de 1727 révèle déjà la présence d'un paysage similaire (Figure 83). Malgré des déformations relativement importantes qui empêchent la réalisation de tout redressement fiable, les deux grandes aires boisées sont aisément identifiables. Entre elles, de vastes landes sont déjà visibles. En revanche, ce document indique, dans la partie nord-ouest, une limite à la forêt de Brécilien. Les landes qui s'étendent sur le territoire de Gaël et constituent aujourd'hui la forêt domaniale de Gaël-Paimpont ne sont pas représentées. Seuls les bois de Comper semblent donc dépendre de la forêt de Brécilien.

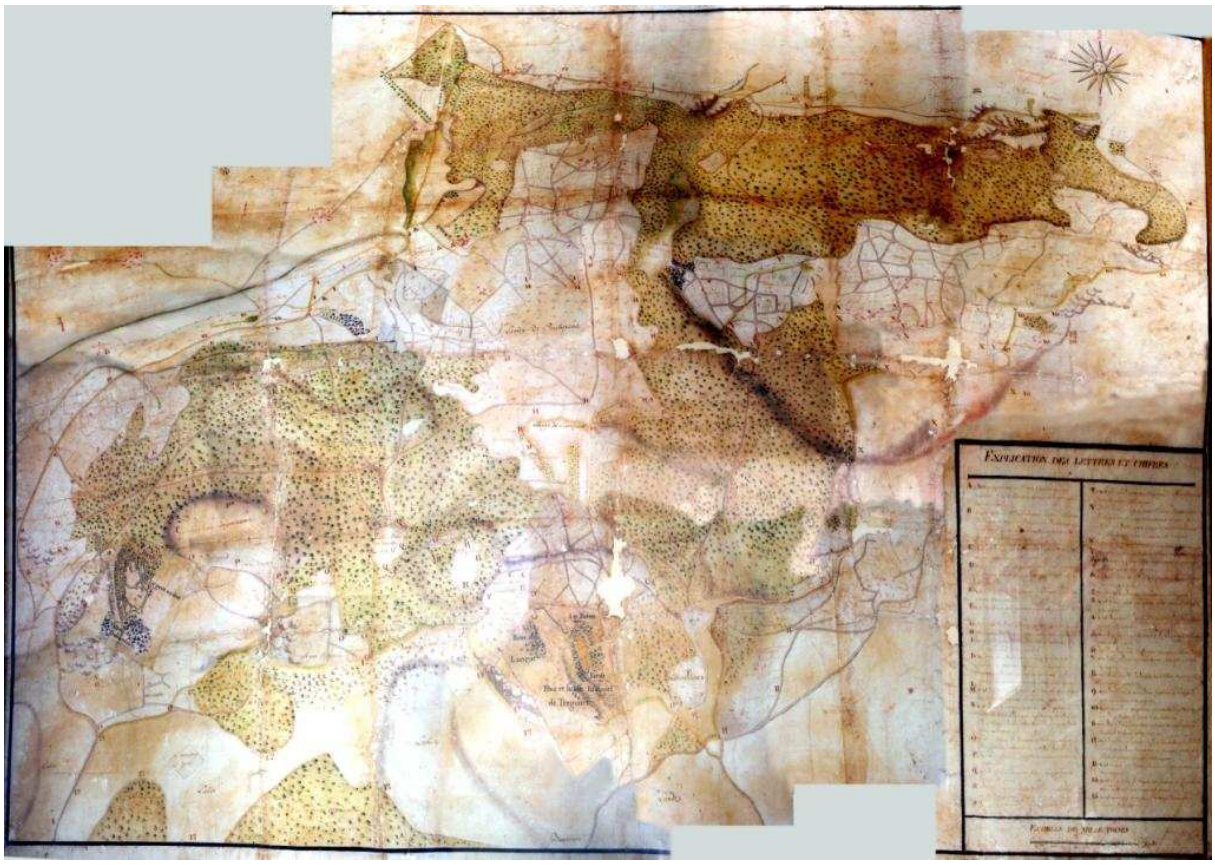


Figure 83 : Carte de la forêt de Brécilien daté de 1727 (assemblage photographique réalisé à partir d'une copie exposée en mairie de Paimpont. X. Bacheter©)

Entre ce document et la création de Forges, il existe une lacune dans les données. La seule donnée disponible est la vente du reste de la forêt de Brécilien à Messieurs d'Andigné et de Farcy par le duc de la Trémoille. Cette transaction d'un montant 220 000 écus s'accompagne d'un droit, pour les nouveaux propriétaires, de faire construire des forges. Elle fait suite à une série de ventes moindres qui a morcelé le territoire au cours des trente années précédentes.

4.1.2 Des seigneurs de Laval à la création des Forges (1419 – 1653 AD)

En 1419, Raoul IX, seigneur de Montfort et Lohéac décède. Son fils, Jean de Montfort, devenu Guy XIII de Laval par mariage, en 1404, avec Anne de Laval, dernière héritière de cette lignée, hérite. Le territoire de Brécilien devient ainsi une possession des comtes de Laval. Il demeurera en leur possession, ou celle de leur descendant, jusqu'en 1653.

La première moitié du XVIIème siècle est marquée par l'éclatement du territoire. La forêt de Brécilien voit son morcellement. Une carte de cette période mentionne son existence (Figure 84). Mais, son absence de précision ne permet pas de d'obtenir d'information

quantitative sur le massif. En effet, sur ce document bien que la forêt soit située entre Campénéac et Montfort, la localisation des paroisses alentours présente d'importants décalages cartographiques. Ainsi, celle de Saint-Malon est représentée au sud de Paimpont au lieu du Nord.

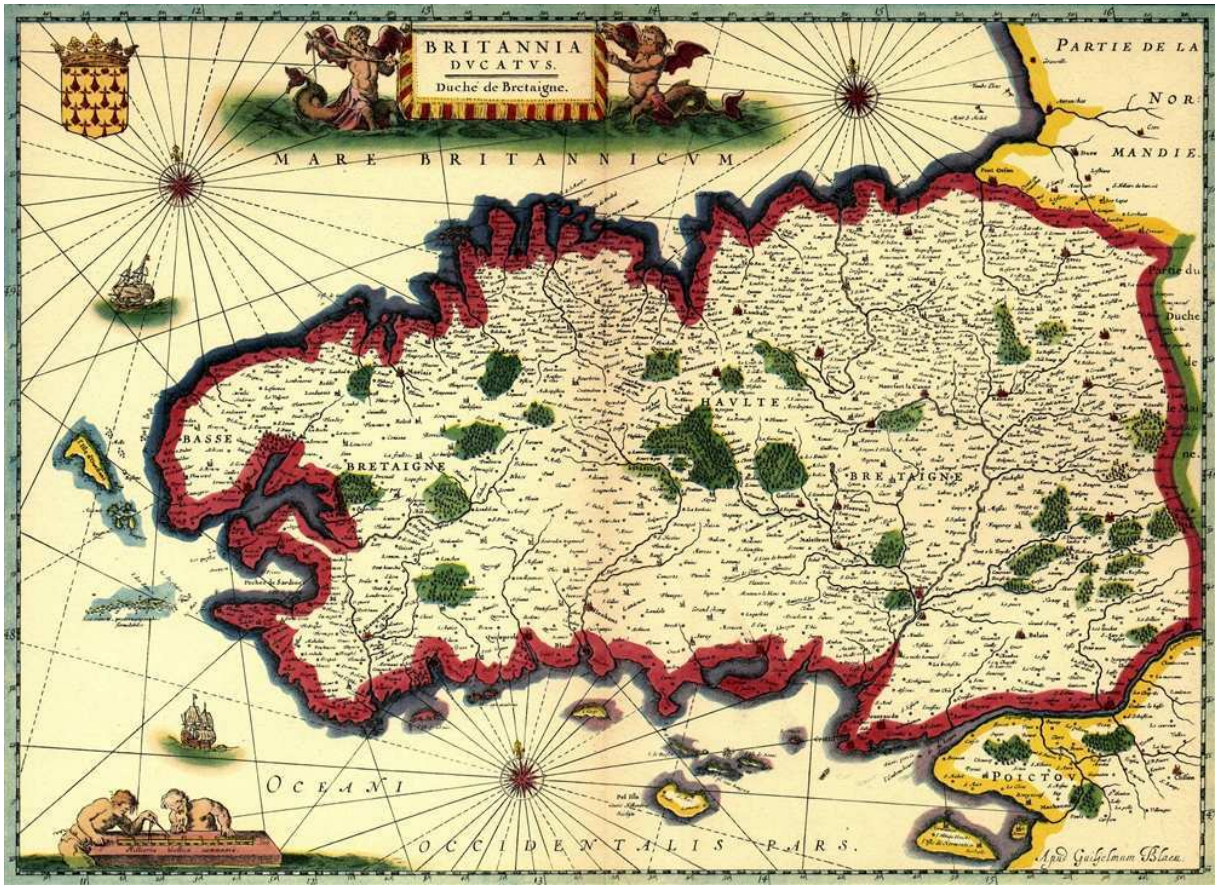


Figure 84 : Carte de Bretagne datant des environs de 1625 (G. Blaeu)

En 1605, Guy XX, comte de Laval, décède sans laisser de postérité. Ses terres reviennent alors à Henri de la Trémoille grâce à sa bisaïeule, Anne de Laval, seconde fille de Guy XVI. Mais le nouveau propriétaire est endetté à hauteur de 600 000 écus dont les intérêts dépassent ses revenus (Imbert 1867). Aussi, en 1626, afin d'assainir ses finances, il confie la vente d'une partie de ses biens, notamment en Bretagne, à Marie de la Tour d'Auvergne, sa femme. Cette même année, le château de Comper et la seigneurie de Gaël sont cédés contre 160 000 livres à Mathurin de Rosmadeuc, M. d'Andigné de la Chasse acquière le fief de Saint Malon pour le prix de 10 600 livres. Trois ans plus tard, les fiefs de Plélan, Bréal et Comblessac sont vendus à M. de Mortemar de Rochechouart et 140 journaux de bois ainsi que Folles-Pensées sont acquis par Benjamin de l'Âge de Rue-Neuve. En 1630, le fief du Perray avec les cantons de La Sangle, Coébois, le Buisson et les Trois Chênes sont vendu à M

d'Andigné ; Jacques Polluche de la Motte fait l'acquisition de Beauvais, de l'étang, moulin et fief du Chastenay ; le seigneur de la Ville-Aubry achète les fiefs du Canet, de Cogane et de Telhouët ainsi que 84 journaux de bois et lande à Telhouët et les étangs du marais et de la Prée de Ruice. L'année suivante les ventes se poursuivent. Près de Comper, 200 journaux sont cédés à Mathurin de Rosmadeuc ainsi que le fief de Gaillarde. Le Pas-aux-Chèvres, Trédéal et Trudo deviennent propriété de François d'Avaugour. Ce morcellement s'achève en 1653 avec la vente, pour 220 000 livres, du reste de la forêt à MM d'Andigné et de Farcy avec le droit d'y faire construire des forges.

Dans le mémoire de Marie de la Tour d'Auvergne, la forêt de Brécilien apparaît plus étendue que dans les documents récents. En effet, dans le paragraphe qu'elle consacre à la vente de ce domaine, la comtesse de la Trémoille dit « *y comprenant mesme le canton de Coulon, proche Montfort, que nous y avons conservé pour la commodité et décoration du lieu.* » La forêt de Brécilien devait alors courir, d'ouest en est, depuis Campénéac jusqu'à Montfort-sur-Meu.

Au siècle précédent, la forêt de Brécilien figure déjà sur les documents cartographiques. La carte de Mercator, réalisée en 1585, montre nettement la présence d'une zone boisée entre les villes de Ploërmel et de Montfort (Figure 85). A la même période environ, la *Tabula ducatus britanniae gallis* la représente également dans des proportions assez similaires (Figure 86). Comme pour la carte de G. Blaue, il est malheureusement impossible d'extraire d'autres informations que la simple présence du massif de ces deux documents. En effet, à l'instar de la carte du XVIIème siècle, ces deux sources présentent de fortes distorsions et des positionnements discordants des agglomérations.

Pour le début de ce même siècle, des données plus précises sont fournies par deux textes. En effet, en 1501, le comte Guy XV de Laval décède. La seigneurie de Brécilien tombe alors en rachat et Guy XVI de Laval, qui en hérite, en rend le minu[1] et dénombrement l'année suivant. Deux textes de cette déclaration nous sont parvenus : le premier concerne la partie de la forêt de Brécilien située dans la sénéchaussée de Ploërmel, le second s'intéresse à celle sise sous la juridiction de Rennes.

[1] Déclaration écrite décrivant en détail les biens composant un fief.

Figure 85 : Britannia et Normandia cum confinib. Regionibus (1585, G. Mercator. BNF CPL GE DD-2987 (392).)

Figure 86 : Tabula ducatus britanniae gallis. XVIème siècle (BNF CPL GE DD-2987 (452))

Dans ces deux archives, les limites de chacune de ces parties de la forêt sont décrites avec précision. Certains des toponymes mentionnés sont encore utilisés aujourd'hui. En revanche, d'autres informations, comme le nom des résidants de certaines habitations, ne sont plus accessibles. L'espace occupé par ces deux fractions de la forêt au début du XVIème siècle reste perceptible malgré le flou lié à la disparition de certains toponymes. Il apparaît ainsi que la partie de la forêt de Brécilien dépendant de la juridiction de Ploërmel correspond à l'actuelle Haute-Forêt (Figure 87). L'autre portion de la forêt décrite dans ces minus jouxte la précédente. Sa limite occidentale passe par une partie des lieux mentionnés dans le texte précédent. Elle couvre ainsi une surface située entre l'abbaye de Paimpont et le château de Boutavent, d'ouest en est, et du nord au sud, entre le château de Comper et le Gué de Plélan. Mais la totalité de ce territoire n'est pas boisé. Dans le second minu, seulement 3577 ha semblent appartenir à des Brieux (Tableau 32). Le reste correspond à diverses zones d'habitats et de cultures disséminées dans le paysage. Les villages de Plélan, Cogane et Trédéal sont mentionnés.

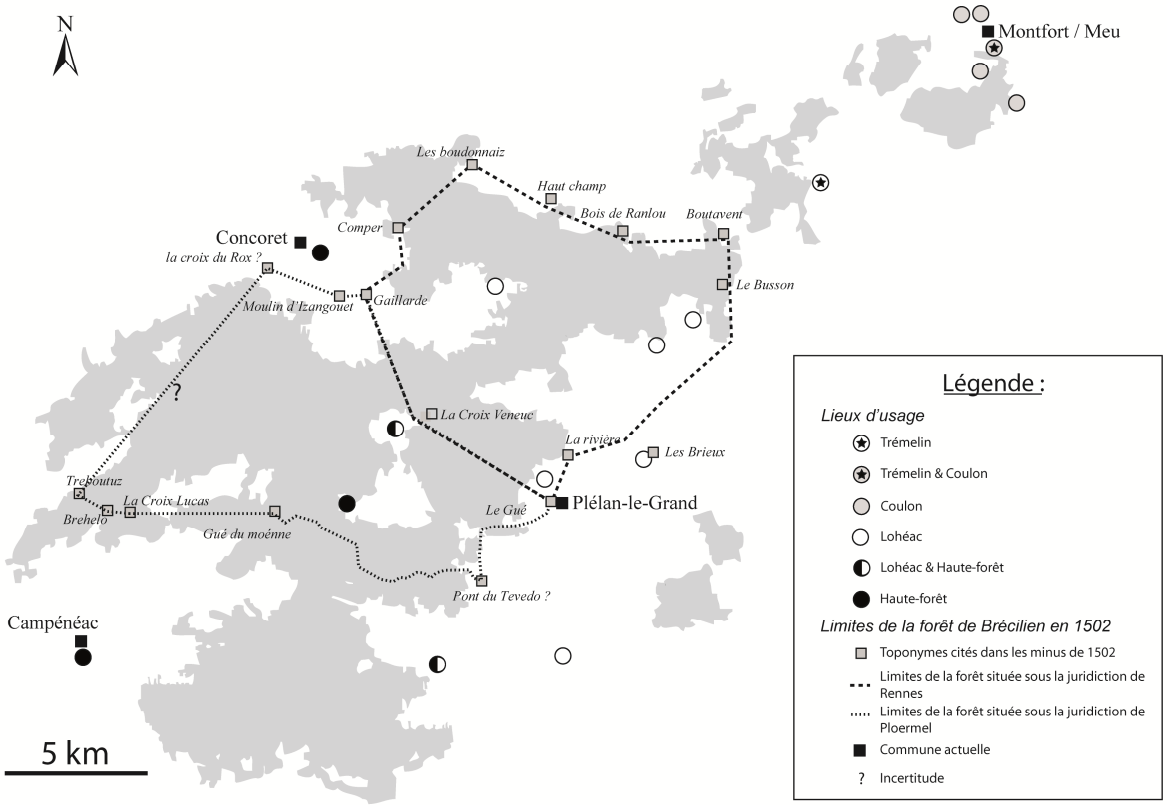


Figure 87 : Limites de la forêt de Brécilien dépendant des juridictions de Rennes et Ploërmel d'après les minus de 1502 (AD44 B1995 ; AD44 B2097)

Nom	Surface en journaux	Surface en hectare (1 journal = 0,365 ha)
Breil du Fou Mehen	200	73
Breil du Hyry	700	255.5
Breil A Bert	120	43.8
Breil de Trédéal et Breil des Paux	140	51.1
Breil des Boncours et les Boullaiz dessous les Coesqueriz	500	182.5
Breil Rond et les Vieilles Vantes	340	124.1
Brel de Boncour de Poullet et des Trois Chenes	1800	657
La Croaye brandece et la Jarozaye	700	255.5
Lande close, lande Maine, le breil au sanglier	900	328.5
Breil Ranllou, Hyndre, Courcouran, Landreho, Peret, Galimien et le Lymoray	1700	620.5
Breil entre Telhouet et le pont de la courbe, des Douez, la Boce du pré à la Regne, la Soutellaye, de la Saintecroez	2000	730
Les Broces Noires, la Prinse Notin, la Plesse Guillgroys, le Breil Jagu, le Breil d'entre Telhouet et Gaillarde	700	255.5
TOTAL	9800	3577

Tableau 32 : Brieux situés dans la juridiction de Rennes et mentionnés dans le minu de 1502

Dans ces deux textes, le quartier de Coulon, près de Montfort, n'est jamais mentionné alors qu'il semble faire partie de la forêt au XVIIème siècle. Cette absence d'information pour ce secteur de la forêt doit trouver son origine dans le découpage juridique du territoire. En effet, ces deux minus montrent clairement que la forêt dépendait de plusieurs instances. Aux juridictions de Rennes et Ploërmel devait s'en ajouter au moins une autre, probablement Montfort, où un acte similaire a du être produit. Cette hypothèse semble confirmer par la description de la forêt que nous livrent deux sources du XVème siècle. La première date du 30 août 1467. Il s'agit des « Usements de la forêt de Brécilien » (Puton 1879). Ce document a été rédigé à la demande de Guy XIV de Laval et a pour vocation de clarifier les usages et droits qui ont lieu dans la forêt de Brécilien. Le second texte est daté des années 1419-1420. Il correspond aux *Revenus de la forêt de Brécilien* déclaré par le receveur de la seigneurie à Guy de Laval (AD35 1 F 1546 ; Estourbeillon 1894).

Dans le texte des « *usements* », la forêt de Brécilien est décrite sous la forme d'un massif composé de 200 breuils répartis en 4 quartiers : Haute-Forêt, Lohéac, Trémelin et Coueslon. Elle aurait couvert un espace de 7 lieues de long par 2 et plus de large, soit, environ 30 x 10km, avec une lieue bretonne équivalant à 4,677km. Afin de vérifier ces valeurs, sur un fond de carte actuel de la forêt, nous avons replacé, sur une base toponymique, les différents usagers mentionnés au XVème siècle, et les lieux d'exercice de leurs droits. Sur la figure

obtenue (Figure 87), on observe très nettement que les usagers se répartissent, d'est en ouest, de Campénéac jusqu'à Montfort-sur-Meu, et du nord au sud, de Concoret à Saint-Malo-de-Beignon. Or, si l'on ne tient pas compte des reliefs, les distances entre ces différents points sont approximativement celles indiquées dans le texte de 1467.

Sur le document produit, on observe également ce qui semble être une répartition non aléatoire des relations demeure/lieu d'usage. Ainsi, par exemple, il se dessine très nettement que les usagers ayant des droits au quartier de Coueslon résident tous dans la partie Est de la zone, à proximité de Montfort-sur-Meu, tandis que l'ensemble des usagers ayant des droits en Haute-Forêt se situent à l'Ouest. Si l'on suppose, alors, que cette distribution est due a une relation de proximité entre résidence et lieux d'usage, c'est-à-dire que les usagers ont des droits dans les quartiers les plus proches de chez eux, il est maintenant possible de situer, au moins grossièrement, les quatre quartiers nommés dans les « *usements* ». On trouve alors, d'Ouest en Est, le quartier de Haute-Forêt entre Campénéac et l'abbaye de Paimpont, celui de Lohéac entre Paimpont et Saint-Péran, puis viendrait Tremelin, et enfin Coueslon, à proximité de Montfort-sur-Meu.

La toponymie vient étayer cette délimitation. En effet, on retrouve actuellement le nom de trois de ces quartiers sur la carte au 1/25.000ème : dans la partie occidentale de l'actuelle forêt de Paimpont (entre Campénéac et Paimpont), se situe le lieu-dit appelé «Carrefour de Haute-Forêt » ; à proximité du seul usager ayant des droits uniquement au quartier de Tremelin (le seigneur de la Roche ; étoile sur la carte), on trouve actuellement une forêt et un plan d'eau, respectivement nommés, bois et étang de Tremelin. Enfin, à l'ouest de Montfort-sur-Meu, à la limite d'une zone boisée, il y a un village nommé « *Coulon* » et à proximité, un autre lieu dit de « L*a roche coulon* », qui dérive très certainement du terme « *Coueslon* » et que l'on retrouve dans le texte de Marie de la Tour d'Auvergne en 1661. Il reste alors à placer le quartier de Lohéac, qui ne peut occuper que l'espace situé au nord-est de l'actuel bourg de Paimpont. Il correspond ainsi à la partie de la forêt décrite comme dépendant de la juridiction de Rennes en 1502.

4.1.3 La forêt avant les comtes de Laval

Avant le rattachement de la forêt de Brécilien au territoire de la famille de Laval, la plus grande partie des documents qui lui sont relatifs sont des copies du XVIIIème d'actes des abbayes de Paimpont et Montfort. Elles se trouvent dans les manuscrits fr. 22322 et 22325 de la Bibliothèque Nationale de France. Rares sont celles qui renseignent sur les limites de la

forêt. En 1403, son existence est mentionnée dans un Vidimus[2] de l'Evêque de Saint-Malo. En 1376, elle apparaît suite au meurtre, dans l'enceinte de l'abbaye, de Robin Thomas par Perrot Bouchard, tous deux au service du comte de Montfort. Une quarantaine d'années avant, en 1332, c'est sous le nom de Broicelien qu'elle est mentionnée à l'occasion d'une transaction entre Raoul de Montfort et le prieur de Saint Barthélémy des Bois.

Au XIIIème siècle, la forêt semble s'étendre sur le même espace qu'au XVème. En 1267, un accord entre les moines de l'abbaye de Paimpont et le seigneur de Gaël porte sur les droits d'usage de l'abbaye en forêt de *Brecily*. Il s'agit sans doute déjà de tout ou partie de la moitié occidentale de la forêt, dans laquelle l'abbaye a des droits en 1467. Il s'agit sans doute même plus précisément de la Haute-Forêt uniquement, puisqu'en 1236, Pierre, seigneur de Lohéac consent que les abbé et religieux de Paimpont réclament le droit d'usage qu'ils ont dans la forêt de Brécilien. Il s'agit du droit qu'ils ont d'aller dans la partie de la forêt nommée quartier de Lohéac, sans doute en lien avec le possesseur de ces terres : le seigneur de Lohéac. En 1264, l'acte d'Alain de Montauban, seigneur de Montfort attestent de l'existence des forêts de Trémelin et Coulon[3]. Au regard de l'acte rédigé sept ans plus tôt par Guillaume de Lohéac[4], où des droits sont mentionnés, il apparaît que ces deux forêts appartiennent déjà à Brécilien.

Pendant le XIIème siècle, les documents décrivent, au premier abord, un massif forestier éclaté entre plusieurs seigneuries. Dans les textes mentionnés ci-dessus trois seigneurs différents accordent des droits aux religieux dans la forêt de Brécilien : les seigneurs de Montfort, de Gaël et de Lohéac. Cette scission semble confirmée par la copie d'un acte de 1260 figurant dans les pièces d'un procès opposant l'Evêque de Saint Malo et les propriétaires des Forges et Forêt de Brécilien en 1672[5]. La généalogie de la famille de Gaël-Montfort nous renseigne sur une partie des raisons de cette division. A la mort de Geoffray Ier de Montfort, en 1181, ses fils se partagent le domaine. Raoul IV de Montfort devient seigneur de Gaël alors que son frère prend le titre de Guillaume II de Montfort, seigneur dudit lieu. Le premier conserve sans doute la partie dite de Haute-Forêt alors que le second entre en possession des

---

[2] Mention qui indiquait qu'un acte avait été collationné sur l'original et qu'il y était conforme.

[3] BNF, Ms. Fr. 22325, fol. 425. « *Universis chri fidelibur prasentes litteras inspecturis Alanus de Montealbanus miles dominus Montisfortis et Matildis eius uxor domina Montisfortis salutem notum facimus quod abbas et Conventus beati Jacobi de Montforti suum habent usagium plenaria ad omne opus suum et sua abbati en nostris forestis de Tremelin et de Coulon.* »

[4] BNF, Ms. Fr. 22325, fol. 423. « *Universis presents litteras inspectoris Guillelmus d[omi]nus Loheac salutans in d[omin]no noveritis quod cum contentio veritretium nos ex una part et Religiosos viros abbatam et conventum S[anc]ti Jacobi super divisione foresta Brecillian ratione usagii quod praduit Religiosium in dicta foresta percipere consuerverunt.* »

[5] AD 35, 1G69. « *…usagium in dicta foresta nonobstant divisions dicta foresta…* »

bois de Coullon et Trémelin. Les deux territoires resteront séparés jusqu'en 1279, année du décès de Mahaud de Montfort, fille de Guillaume II. Raoul V de Montfort devient alors seigneur de Gaël et de Montfort (Bellevue 1913). La dernière partie de la forêt, le quartier de Lohéac est la propriété de la famille de Lohéac. Mais il semble, au regard du texte de 1260, que l'ensemble de la forêt de Brécilien dépendait de la seigneurie de Lohéac. En effet, il paraît peu probable que Guillaume de Lohéac ait pu accorder des droits à l'Evêque de Saint-Malo dans toute la forêt[6] ou donner à l'abbaye de Montfort un usage à Coulon et Tremelin[7] si ces domaines n'étaient pas de ses dépendances. Les seigneurs de Gaël-Montfort devaient être vassaux des seigneurs de Lohéac au moins pour ces domaines.

Le XIIème siècle est le dernier pour lequel nous ayons des mentions de tout ou partie de la forêt de Brécilien. Elle apparaît dans la *Chronicon britannicum* à l'année 1145, dans une charte de l'abbaye de Montfort datée de 1180 et enfin, dans le *Roman du Rou* de Robert Wace rédigé entre 1160 et 1180. Dans la chronique de Bretagne, elle est mentionnée uniquement comme décor des exactions commis par Eon de l'étoile[8] (Lobineau, 1707). Le *Roman du Rou* ne se révèle pas beaucoup plus prolixe au sujet de cette forêt. Robert Wace indique seulement que « *e cil devers Brecheliant / donc Breton vont sovent fablant / une forest mult longue e lee / qui en Bretaigne est mult loee* ». La charte de l'abbaye de Montfort est plus informative. Elle atteste de l'existence de la forêt de Coulon, sans pour autant mentionner Brécilien[9].

4.2 Le réseau hydrographique

Pour leur fonctionnement, les Forges de Paimpont avaient besoin d'une grande quantité d'énergie pour actionner soufflerie des fours, pilons, bocart, etc… D'origine hydraulique, elle était fournie par l'étang des Forges situé à l'aplomb de l'usine. Il est alimenté par un bassin versant de plus de 5000 ha, parcouru par de nombreux ruisseaux qui viennent actuellement nourrir sept étangs : l'étang de la Chèvre, l'étang de la Fenderie, l'étang des Glyorels, l'étang

---

[6] AD 35, 1G69 « *… habeant usagium furnum in tota foresta de brexillien tan in parti una quan in parts d[ominus] Eudonis de monteforti d[ominus] de Gael…* »

[7] BNF, Ms. Fr. 22325, fol. 423. "*Universis presens litteras inspectais Guillelmus d[omin]us Loheac salutans in d[omin]o noveritis quod cum contentio vectretium into nos ex une part et Religiosos viros abbatam et convention S[anc]ti Jacobi superdivisione foresta de Brecillian rationes usagii quod produit Religiosi in dicta foresta percipere consueverunt* ».

[8] Dom Lobineau (1707), Cronicon Britannicum 1145. *« …& aliae multae heremitarum mansiones in Bresrelien et aliis forestis a quodam haeretico ispsas forestas cum multis sequacibus habitante quem… »*

[9] BNF, Ms. Fr. 22325, fol. 421. *« …concedo etiam utadusum abbatia ligna summentur in foresta mea de Collum… »*

neuf, l'étang de Paimpont, l'étang du Pas du Houx et l'étang du Perray. Au-delà des lignes de crête, d'autres étangs ornent le massif : ceux de Comper, du Pré et de Pont Dom Jean au nord-ouest ou bien encore celui du Châtenay à Beauvais.

Tous ces réservoirs ne semblent pas avoir été présents dès la création des Forges. Une partie d'entre eux paraît avoir été créée pour accroître les stocks d'eau. En effet, malgré cet abondant système hydrographique, l'alimentation en eau était un des facteurs limitant la production des Forges. Ainsi, en 1764, les Forges ne peuvent honorer l'ensemble des commandes qui leur ont été passées pour la construction du navire La Bretagne. A ce sujet, le directeur des Forges écrivait le 2 août de cette même année « *… je crois estre en état de vous livrer la quantité de fer de fenderie nécessaire à la construction du vaisseau La Bretagne ; mais que pour les fers en barres l'approvisionnement n'est pas considérable faute d'eau.* »[10].

D'autre part, l'installation de nouveaux étangs a pu viser à un meilleur contrôle des flux arrivant au niveau des Forges, et notamment à éviter des inondations en période hivernale. Un seul évènement de ce type nous est connu. Il est mentionné dans l'enquête de 1772, sous la forme suivante : « *dans l'hiver dernier, ils (les propriétaires) ont essuyé des dégâts par innondation des eaux qui leur coûteront plus 10000 à 12000 livres.* ». Cet évènement n'est sans doute pas le seul à avoir eu lieu au cours des deux siècles et demi qu'a duré l'activité des Forges. Aussi, la création de nouveaux étangs a dû permettre de mieux gérer l'arrivée en eau au niveau de l'usine en augmentant la capacité de rétention en diverses parties du bassin versant.

L'histoire de l'étang des Forges est assez mal connue. D'après l'acte de 1502, il ne semble pas exister d'étang dans cette partie de la forêt. Le secteur des Forges se situe le long de ce qui semble être la limite sud de la forêt de brécilien dépendant de la juridiction de Ploërmel. Cette limite suit le ruisseau du Pas du Houx depuis le Gué de Plélan, puis remonte l'Aff à partir de la confluence des deux cours d'eau. Aussi, sa création doit se situer au cours de la seconde moitié du XVIIème siècle, peu après la vente de la forêt. La confluence des ruisseaux de Trécélien, du Pas du Houx et des Plaintes dans un secteur au relief relativement prononcé en queue de bassin versant fournissait un lieu idéal pour créer cette retenue d'eau et les Forges. Il est d'ailleurs assez étonnant de ne trouver aucune mention d'une structure antérieure.

[10] AD35 C 4713

En amont de l'étang des Forges, en connexion directe avec son extrémité orientale, se trouve l'étang du Perray. Il n'apparaît pas non plus dans le minu de 1502. Il n'est pas non plus mentionné sur la carte de 1727 qui figure en mairie de Paimpont. En revanche, cet étang apparaît un siècle plus tard sur le cadastre napoléonien de la commune de Plélan-le-Grand. Cette première fourchette chronologique suggère que c'est de cet étang qu'il est fait mention dans l'enquête de 1772. En effet, à cette occasion, le subdélégué de Plélan indique que : « *Depuis quelques années, Messieurs les propriétaires de cette forge ont fait pratiquer un étang près d'icelle.* »[11]. L'étang du Perray peut ainsi être daté de façon large entre 1727 et 1772. Cette fourchette peut sans doute être restreinte au seul troisième quart du XVIIIème siècle vue la mention « depuis quelques années ». Il peut même être envisagé que la construction de cet étang fasse suite à la sécheresse de 1764 et à l'impossibilité de fournir l'ensemble des fers pour le vaisseau La Bretagne. Sa date de création se situerait alors entre 1764 et 1772.

Un peu plus haut le long du ruisseau du Pas du Houx se trouvait un petit étang, dit de la Chèvre. Aujourd'hui disparu, il alimentait un moulin dont les ruines sont encore visibles. Il se situe au fond d'une vallée étroite aux flancs assez abrupts. Cette configuration ne permet pas le stockage d'un grand volume d'eau, c'est pourquoi cet étang ne devait avoir qu'un rôle mineur dans le fonctionnement des Forges.

A la tête de cette partie du bassin qui alimente les Forges, se trouve l'étang du Pas du Houx. Avec une surface d'environ 80ha, il est le plus grand du massif. Sa profondeur n'excède que ponctuellement les quatre mètres observés au niveau de la digue. Son existence n'est guère mentionnée dans les documents écrits. Sa représentation sur la carte de 1727 est la plus ancienne source historique le concernant. L'approche archéologique fournit des données plus précises. Au pied de la digue, il existe un important amas de laitier qui suggère la présence d'un haut-fourneau à proximité. Le niveau superficiel de cet amas a été daté par radiocarbone. La mesure a été réalisée sur un charbon inclus dans un bloc de laitier. La datation obtenue placerait la fin de l'activité entre 1418 et 1636 AD (Vivet 2009). Aucun texte ne mentionne l'existence de cette industrie antérieure aux Forges. Si une attribution au XVème siècle semble peu probable car aucun haut-fourneau n'est connu en Bretagne pour cette période, il est impossible en revanche d'affiner la datation entre le XVIème siècle et le début du XVIIème. C'est sans doute à cette période que l'étang a été créé.

[11] AD35 C1474

Au nord du village de Trédéal, un autre petit étang est visible sur le cadastre napoléonien. Aujourd'hui disparu, il s'appelait l'étang de la Seille. Ici encore, rares sont les renseignements qui nous sont parvenus à son sujet. Il semble être représenté sur les cartes de Cassini et de 1727, mais les déformations ne permettent pas de l'identifier avec certitude. De son déversoir s'écoulait un ruisseau qui venait grossir celui du Pas du Houx au sud du village du Hiry, à l'orée de la forêt.

L'autre secteur d'approvisionnement en eau de l'étang des Forges correspond à la partie orientale de la Haute-forêt. Ce bassin versant alimente l'étang de l'abbaye d'où s'écoule le ruisseau de la Moutte jusqu'à l'étang des Forges. Le long de la vallée de la Moutte, deux étangs intermédiaires se développent.

Le plus en aval est l'étang de la Fenderie. Comme son nom l'indique, il avait pour fonction principale de fournir l'énergie hydraulique nécessaire au fonctionnement de la fenderie située juste sous son déversoir. Sa fonction ainsi que son nom suggèrent que cet étang a été créé après l'installation des Forges. Il apparaît dans une transaction passée entre les moines de l'abbaye de Paimpont et les propriétaires des Forges et datée du 17 octobre 1712, et mentionnée en 1815[12]. Cette donnée réduit la chronologie de sa mise en place à la seconde moitié du XVIIème siècle.

Un peu plus en amont, à environ 200 m au nord ouest, se trouve l'étang neuf. Il constitue très probablement l'objet de la transaction mentionnée ci-dessus. D'après M Léveillé, directeur des Forges en 1818, « *Le 17 Xbre 1712 autre transaction par laquelle les propriétaires des Forges cédèrent à l'abbaye de Paimpont, le fond de bois du Perray pour prix de baguette. Les religieux leur cédèrent eux-mêmes la faculté de faire construire une « chaussée de telle hauteur qu'ils voudraient pour faire un étang et retenue d'eau dans tel endroit qu'il jugerait à propos entre la queue de l'étang de la Fenderie jusqu'au Pas Chapin.* ». Cette description ne peut correspondre qu'à l'étang neuf, le seul sis dans le secteur mentionné.

Le dernier étang que nous mentionnerons ici est celui de Paimpont. Il couvre une surface d'environ 50ha et borde les flancs nord et ouest de l'abbaye. Il est alimenté par une série de petits cours d'eau qui descendent de Haute-forêt. Seulement deux d'entre eux possèdent un débit suffisant pour fonctionner en continu : le ruisseau de Branhagot et celui du Pâtis vert. Cet étang paraît être le plus ancien du système d'alimentation des Forges, mais il a

[12] AD35 10 S 14

subi plusieurs transformations depuis sa création. Son aspect actuel résulte d'une rehausse de sa digue en 1836. Celle-ci a été réalisée par les propriétaires des Forges afin d'augmenter sa capacité[13]. Toutefois, ces travaux n'ont apparemment que très peu modifié la surface ennoyée. L'étang avait déjà un aspect assez similaire à l'actuel sur le cadastre napoléonien de 1823, mais également sur la carte de 1727. La principale différence observée sur ce second document est peut-être des dimensions plus réduites à l'extrémité méridionale. Cette gestion de l'étang par les Forges apparaît ancienne. En effet, dès l'achat de la forêt pour créer les Forges, les nouveaux propriétaires ont négocié un droit de gestion de cet étang avec les religieux de l'abbaye. Cette transaction nous est parvenu au travers de la mention suivante dans un procès de 1752 : « *…l'eau qu'il est permis aux propriétaires de tirer de l'étang de Paimpont par la transaction de 1653 doit être prise pour l'endroit le moins dommageable pour les religieux de l'abbaye faute de l'avoir exprimée autrement…* [14]». L'existence de cet étang se retrouve déjà dans les aveux de l'abbaye de Paimpont de 1638 et1567[15]. Il y est mentionné à plusieurs reprises comme attenant à d'autres parcelles qu'il joint « *par endroits* ». En 1541, il est également présent dans l'aveu rendu par François de Laval, notamment dans la partie introductive : « *Etang moulins bardaulx chaussée et retenue daulx avecq leur regorgement* ». Quatre ans plus tôt, un aveu avait déjà été rendu. Une légère différence apparaît avec le texte de 1541. En 1537, le terme de chaussées apparaît au pluriel, laissant sous entendre qu'il y avait alors plus d'un étang. Cette hypothèse a été confirmée par un relevé sonar du fond de l'étang effectué au mois de novembre 2009. Sur la mosaïque réalisée à partir de l'ensemble des relevés, une structure approximativement en forme de « L » apparaît (Figure 88). Sur certains profils du relevé sismique réalisé en même temps que le sonar, cette structure apparaît. Elle a une élévation d'environ un mètre (Figure 89). Cette construction barre l'ensemble du fond de l'étang et correspond à une ancienne chaussée. A l'extrémité orientale de l'étang, une seconde digue existait déjà à l'époque. Les aveux mentionnent l'existence de moulins situés près de cet endroit, juste en contrebas de l'étang.

[13] AD35 6 S 26
[14] Archives SIVU folio1
[15] AD44 B 791

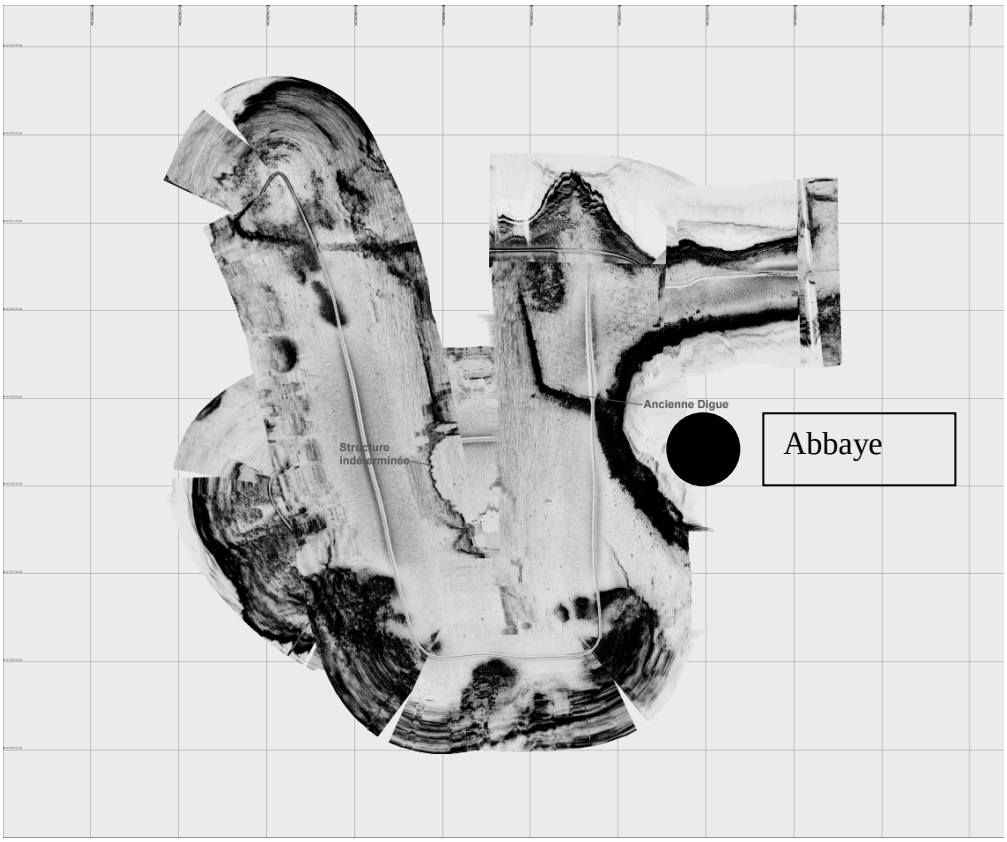


Figure 88 : Mosaïque des relevés sonar de l'étang de Paimpont (A. Baltzer)

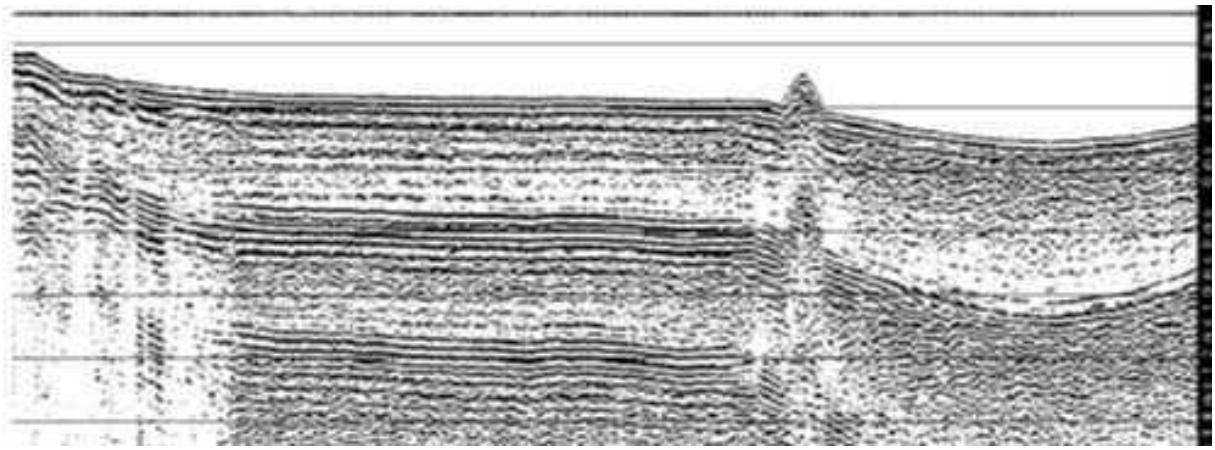


Figure 89 : Exemple de profil sismique de l'étang de Paimpont. L'écart entre deux lignes horizontales équivaut à 2m.

Cet aveu de 1537 est le plus ancien témoignage direct de l'histoire de l'étang. Mais il semble que l'on puisse faire remonter son existence à au moins un siècle plus tôt. En effet, il existe une histoire de l'abbaye de Paimpont qui a été rédigée de façon anonyme, très vraisemblablement, au cours de la seconde moitié du XVIIème siècle[16]. Ce document brosse un

[16] Bibliothèque Sainte Geneviève ms.1935

rapide historique de l'abbaye avant de s'étendre plus en détail sur la réformation génovéfaine qu'a connu la congrégation en 1649. Bien que certaines parties de ce texte présentent quelques exagérations et héroïsations de certains acteurs, certaines des données les plus anciennes semblent relativement fiables. En effet, une partie des actes mentionnés dans ce texte se retrouve dans le fond des blancs manteaux[17], recueil de documents constitué, à la fin du XVIIème siècle, par un groupe de moines mauristes en vue de rédiger une histoire de Bretagne. Il apparaît ainsi que l'auteur de cette relation de l'abbaye ait pu consulter les cartulaires de Paimpont. Ainsi dans la première partie historique de cet ouvrage, il est indiqué qu' « *Olivier Guiho, insigne personnage, 13° abbé du dit lieu pendant l'espace de cinquante ans, qui a de son temps rebâti presque toute l'abbaye et fait cette admirable chaussée d'étang voisin…* ». Or d'après le nécrologue de l'abbaye Olivier Guiho a été abbé entre 1407 et 1452. Soit environ un siècle avant l'aveu. Il semble donc que l'on puisse dater l'étang de la première moitié du XVème siècle au vu de ce passage. Une existence antérieure ne peut toutefois pas être écartée. L'expression « *fait cette admirable chaussée* » n'exclue pas une structure plus ancienne dont la vétusté a pu engendrer un besoin de restauration ou de reconstruction, et ce d'autant plus que l'abbaye semble avoir connu un état de délabrement avancé au moment de la prise de fonction de l'abbatiat par Olivier Guiho.

4.3 L'exploitation de la forêt

4.3.1 Le temps des conflits (1600-1900)

4.3.1.1 La forêt pour les Forges

Avec la création de l'entreprise des Forges, en 1653, les besoins en bois pour la métallurgie se sont faits de plus en plus importants. Un peu plus d'un siècle après leur installation, les Forges étaient équipées d'un fourneau, une chaufferie, deux affineries et une fenderie. Huis ans plus tard, en 1779, le développement de l'activité entraîne la construction d'une seconde forge avec un martinet. Puis un second haut-fourneau apparaît. Il est mentionné pour la première fois en 1796. Pour fonctionner, cet ensemble avait besoin, selon M. Nicolle, directeur à la fin du XVIIIème siècle, de 10000 cordes de bois puis du double lors

[17] BNF ms.22322 et ms.22325

de la création du second haut-fourneau, soit respectivement 30000 et 60000 stères de bois annuellement (Tableau 33).

Pour réduire cette consommation, un projet de modernisation est envisagé en 1821. Il propose de passer d'un fonctionnement au bois à un mode de production à l'anglaise qui consomme du coke. Toutefois, l'approvisionnement en charbon de terre nécessite son transport depuis l'Angleterre ou le Nord et l'Est de la France, provoquant un surcoût. Aussi, ce projet est revu à la baisse. Un procédé mixte est adopté. La fonte est produite puis affinée au charbon de bois. Ce n'est qu'au cours des traitements suivants que la chauffe est réalisée avec du coke[18].

La consommation annuelle en bois variait ainsi entre 20000 et 60000 stères, engendrant une pression importante sur le milieu. Un taillis de chênes produit de façon optimale environ 7 stères de bois/ha/an (Bouchon & Trencia 1990). Dans le cas d'une durée de rotation de 25 ans, la surface exploitée annuellement est de l'ordre de 230 ha pour une production de 40000 stères. La surface forestière minimale uniquement dévolue à une exploitation continue suffisante pour les Forges est alors d'environ 5750 ha, ce qui correspond environ à la surface de la forêt appartenant aux Forges d'après l'arpentage de l'an IX[19] (5400ha). Mais le territoire de Brécilien n'était pas dédié uniquement à la production de combustible pour la sidérurgie et les sols pauvres ne permettent pas une croissance optimale sur l'ensemble du massif.

	1783	**1796**	**1815**	**1836**	**1856**
Source	AD35 C1643	AD35 L935	AN F 14 4360	SIVU	Duval 1954
Volume de bois consommé en cordes (= 3m^3)	10000	20000	7500	9000	13350

Tableau 33 : Consommation en bois des Forges d'après les données historiques

Au début du XVIIème siècle, la forêt de Brécilien apparaît comme un boisement de mauvaise qualité. Le canton sis près du Bois de la Roche apparaît comme le meilleur de la forêt, mais Marie de la Tour d'Auvergne le propose à la vente pour un faible prix[20]. A cette période, la forêt semble composée en partie d'une futaie de chênes. Dès ses débuts, l'activité des Forges va exploiter ces arbres de haute venue. Les surfaces accessibles aux usagers vont

[18] AN F^{14} 4360
[19] AD 35 10S14
[20] Imbert H., 1867 « Quand je fis l'ouverture de la vendre en détail, je fis proposer au comte du Bois-de-La-Roche d'achepter le canton qui estoit à la proximité de sa maison et duquel il tesmoignoit avoir une extrême envis, pour ce que c'en eust esté le plus bel ornement. Néantmoins il ne voulut jamais passer l'offre de deux pistolles le journal, fonds et rives, bien que ce fust un des meilleurs fonds de la forest et le mieux planté, qui estoit un prix si desraisonnable qu'à la mesme raison toute la forest n'eust pas esté vendue 40 000 escus, y ayant des cantons qui comparez à celluylà n'eussent pas vallu dix livres le journal. »

se réduire rapidement. Les secteurs coupés devenant *non défensables* pendant plusieurs années pour permettre la repousse des plants. Afin de protéger leur droit à conduire leur bétail en pacage, les habitants intentent un procès et obtiennent un arrêt de l'abattage de la haute futaie en 1673. Mais cette interruption n'est que de courte durée. En 1681, le conseil privé du roi autorise la reprise des coupes. Cette transformation dans la gestion marque les habitants qui se plaignent dans un procès-verbal de visite de la forêt daté de 1691, que « l*es propriétaires l'ont fait convertir de haute fustaye en tailles pour l'usage des Forges*[21] ». Dans ce document, la partie de la forêt appartenant aux Forges apparaît en effet composée majoritairement de tailles (Annexe 1) dont la rotation peut être estimée entre 20 et 25 ans, selon le directeur Nicolle[22].

Cette durée de rotation devrait, théoriquement, être suffisante pour alimenter les fourneaux, mais les sols sont pauvres et les boisements de mauvaises qualités. Ainsi, la taille de Boissec est toujours déclarée non défensable en 1691 bien qu'elle fût coupée huit à neuf ans auparavant et que *« ce fusse une taille qui renoit beaucoup plustot que le premier rejet de futaye*[23] *»*. Ce canton n'est qu'un exemple parmi d'autres. En 1634, les bois dits de la « Montre de Paimpont » sont réservés à l'usage unique des moines de l'abbaye en échange de l'abandon de leurs droits sur le reste de la forêt (Imbert 1867). Ces 300 journaux de forêt (environ 150ha) n'ont *a priori* pas été utilisés pour les Forges ce qui devrait leur conférer une meilleure qualité de boisement. Mais selon l'estimation qui en est réalisée par Jean de la Pierre, grand maître des eaux et forêts de France[24], en 1705, l'ensemble n'apparaît guère meilleur. Au mieux s'agit-il d'une futaie de mauvaise qualité (Tableau 34). Aucun bois propre à la charpenterie de marine n'y est trouvé, ni même utilisable pour le remplacement de certaines poutres de l'abbaye. En 1729, un procès-verbal de visite de la forêt ne la déclare plus que propre à fournir du charbon[25].

Les mauvaises conditions abiotiques, responsables d'une faible productivité, combinées au besoin croissant de la sidérurgie devaient inévitablement conduire à un manque de combustible pour les Forges. La rupture semble se produire avec la création de la forge d'Embas puis avec celle d'un second haut-fourneau. A la fin des années 1770 et au début 1780, la forêt fournit environ 12000 cordes de bois par an aux Forges[26]. En 1783, l'enquête sur les bois de Bretagne estimait qu' *« il n'y a pas de disette à craindre faute de*

[21] AD56 13J18
[22] AD35 L935
[23] AD56 13J18
[24] AN G^7 1344
[25] A.M. Paimpont. Procès-verbal visite de la forêt de Brécilien, 18 septembre 1729
[26] AD35 C1478

débouchés[27]», mais treize ans plus tard, le directeur des Forges se montrait bien moins optimiste. Dans une lettre, il indique que la construction de la seconde forge a « *nécessité une anticipation de coupes dans la forêt, et les ont réduites à 15 ans* ». Plus loin, il estime que la production sera limitée par la quantité de charbon, à moins que du bois ne se vende dans les environs. La forêt ne semble pouvoir fournir que 3000 des 18000 à 20000 cordes de bois nécessaires annuellement[28]. Sans doute ce tableau est-il quelque peu noirci. Le directeur des Forges cherche probablement à dévaluer la forêt afin de permettre le rachat au moindre coût des parts acquises par l'état lors de l'émigration d'une partie des propriétaires. Mais le manque de combustible est là. Une lettre du ministre des finances au préfet d'Ille-et-vilaine le confirme le 9 prairial de l'an IX (29 mai 1801)[29]. Les propriétaires s'approvisionnent dès lors dans les autres massifs de la région.

Canton	Description
La chapelle	planté de hêtres et quelques chênes et châtaigniers de mauvaise qualité noüeux et escorbelés
Le Vallet	même nature et qualité que le précédent
Le grand Galet	planté de chênes de hêtres de meilleure qualité cependant les chênes y sont géliser par le bas jusqu'à 5 pieds de hauteur
Le petit Galet	plantés de quelques vieux chênes et hêtres de fort mauvaise qualité
La brosse du Galet	quantité de recru de hêtres et quelques chênes bien venants sous de vieux arbres escorbellés
La fontaine Jacob	plantée de vieux chênes et hêtres escorbellés noüeux et gelisés propres seulement à bruler
Le pré aux poulains	planté de hêtres et peu de chêne de peu de valeur
Les Trois chênes	il ne s'est trouvé que quelques méchants hêtres propres à bruler
Le Tabourin	même nature et qualité que le précédent

Tableau 34 : description des bois de l'abbaye en 1705 (AN G^{7} 1344)

Dans l'optique de revendre ses parts, l'état fait réaliser une estimation de la forêt en 1802. Seulement 49 ha sur les 8106,5 mesurés sont clairement identifiés comme de la futaie, 1691 ha sont couverts de landes et le reste est occupé par un taillis médiocre. Son âge moyen n'est que de neuf ans, avec moins d'un tiers (32,13%) de la surface forestière âgée de plus de

[27] AD35 10S14
[28] AD35 L 935
[29] AD35 10S14 *« L'activié et l'abondance du travail qui s'y fait ont souvent rendu insuffisants pour leur approvisionnement les boisqu'en tiraient les co-associés et les ont forcé à compléter dans les forêts voisines la quantité de bois nécessaire au roulement de l'usine. »*

onze ans (Figure 90). Ces chiffres montrent une réduction du délai de rotation plus prononcée que celle indiquée en 1796 par M. Nicolle. De plus, à partir de ce relevé, une estimation de la productivité du massif peut être réalisée. Pour les parcelles d'âge connu (18 ans et moins), elle n'atteint que 2,79 stère/ha/an, soit bien moins que la valeur optimale de 7stères/ha/an évoquée précédemment.

Dans cet inventaire, aucune coupe n'est âgée de quatre ans. Cela tendrait à indiquer qu'aucune parcelle n'a été exploitée en 1798. Peut-être est-ce une tentative avortée de réforme de la gestion forestière qui apparaissait nécessaire au directeur Nicolle seulement deux ans plus tôt ?

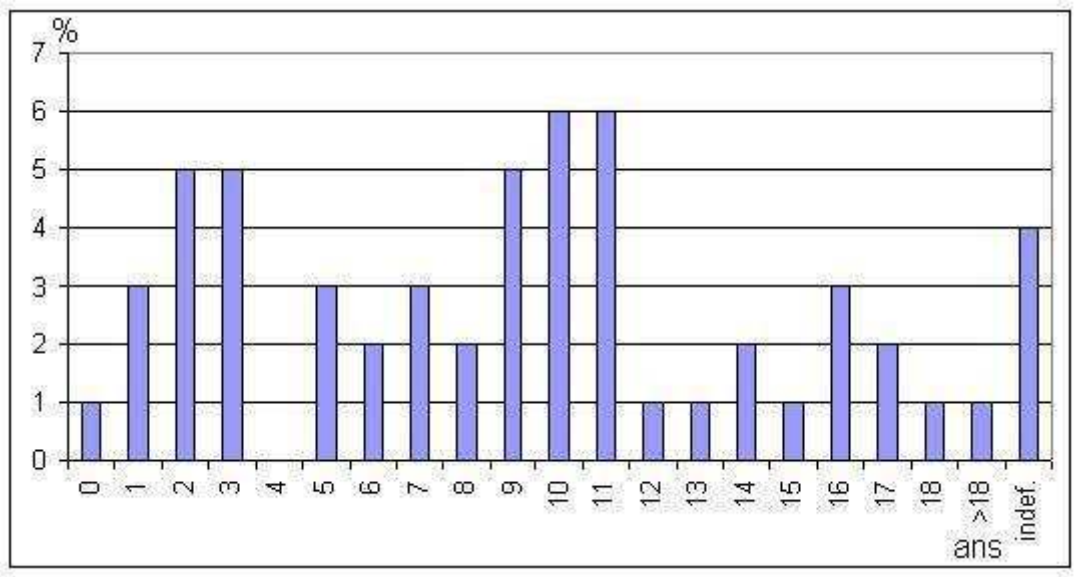


Figure 90 : Répartition des coupes de la forêt de Paimpont par classe d'âge pour l'année 1802

Alors que la production des Forges est stable autour de 400 tonnes de fer par an, la courte durée de rotation et la faible productivité du massif démontrées par cet inventaire n'ont pu qu'entraîner une poursuite de l'abattage de la futaie. Elle s'observe très nettement dans les données cadastrales. En 1823, sur les 6448ha de forêt, il n'y a plus que 34,97ha de futaie. Un seul canton : la futaie de Trécélien[30]. La denrée se raréfie et entraîne certainement une hausse des prix et par conséquent une baisse de rentabilité, même si les taxes d'importations protègent l'industrie sidérurgique fançaise des fers étrangers (Dornic 1984). Il est donc nécessaire de moderniser les Forges. Ce sera fait avec l'importation des procédés anglais, au charbon de terre, en 1820.

[30] AD35 3P5438

Cette transformation permet de réduire la quantité de bois nécessaire à la production d'une tonne de fer. En 1815, 7000 cordes ont permis de fabriquer 365 tonnes de fer, soit 57,5 stères/tonne[31]. En 1853, ce ratio n'est plus que de 33 (Magne 1982). Malgré cette révolution technique, l'exploitation de la forêt ne diminue pas. Le nouveau rendement ne permet pas de rattraper la hausse liée à l'augmentation des commandes. En 1853, la production atteint un record à 1200 tonnes. En 1856, 40000 stères de bois sont consommées (Duval, 1959). Pour satisfaire aux besoins, les forêts alentours sont mises à contribution. Les forêts de Rioye et de Grénedon sont achetées, en 1838, pour la somme de 15000 livres et un acompte de 600 livres est versé pour le bois de Roco[32]. En 1841, les Forges sont vendues à M. Formont. Pour s'approvisionner, il fait venir des bois depuis la forêt de Montauban qui lui appartient. Cette première année, 2494 stères de bois y ont été achetés[33]. Puis, en 1851, il demande l'autorisation au préfet de la couper en totalité ainsi qu'une partie de la forêt de Paimpont. Il n'obtiendra l'autorisation que pour 500ha. Ce besoin toujours croissant en combustible ne semble pas avoir entraîné d'augmentation dans la vitesse de rotation des coupes. L'étude, par B. Magne, des listes des cantons déclarés défensables chaque année a montré qu'entre 1839 et 1873 chaque canton était exploité à l'âge de 19 ans. L'année suivant, il disparaissait des listes. Son exploitation ne laissant plus que des individus incapables de résister au pacage (Magne 1982). Toutefois, l'exploitation pour les Forges n'est pas sans conséquences sur l'état des boisements. Un inventaire forestier datant des environs de 1840 nous est parvenu[34]. Pour chacune des huit parcelles présentées, ce document indique le nombre de plants de diverses espèces d'arbres (Tableau 35). Grâce, notamment aux données cadastrales, les superficies de certaines de ces parcelles nous sont connues. Les densités d'arbres apparaissent très hétérogènes variant en 1,1 et 264,8 pieds à l'hectare. La valeur maximale correspond au Semis du Perray. La très forte densité, un arbre pour 38m², est sans doute liée à l'ensemencement de la parcelle pour améliorer sa régénération après une coupe, d'où son nom de semis. La partie de la grande brousse, avec 63,2 pieds/ha, a sans doute fait l'objet d'un traitement semblable, mais des coupes d'éclaircies ont dû réduire la concentration. Trois parcelles ont des densités assez voisines comprises en 20 et 25 pieds/ha. Une telle densité décrit un paysage forestier clairsemé. Chaque arbre bénéficie, en moyenne, de 400 à 500m² pour lui seul. Les deux dernières parcelles, Riante et Briabet sont encore plus ouvertes. Sur la première ne se trouvent même pas 13 arbres par hectare. La seconde ne semblent devoir sont

[31] AN F^{14} 4360
[32] SIVU liasse 67
[33] SIVU liasse 56
[34] SIVU liasse 49

statut de parcelle forestière qu'à l'usage. Son peuplement très lâche ne comprend qu'à peine plus d'un plant pour 10000m².

Coupe	Chêne	hêtre	châtaignier	charme	allier	tremble	sapin	pin	total	superficie en ha	Pieds/ha
Partie de la grande brousse	1111	143			1	9			1264	20	63.2
Semis du Perray	60	5	2						67	0.253	264.8
Riante	140	42						1000	1182	91.55	12.9
Trécélien	1181	1221	38	3		2			2445	99.63	24.5
Trégouet	98	13					3	1414	1528	71	21.5
Beignon	423	97	2	3				242	767		
Pas chapin	140	60			5			26	231	10	23.1
Briabet	77	20			1				98	89.01	1.1

Tableau 35 : Peuplement de huit coupes de la forêt de Paimpont vers 1840 (SIVU liasse 49)

Cet inventaire illustre également l'apparition de la culture de résineux sur le massif. En effet, entre les parcelles de Riante, Beignon et Trégouet, 2650 pins sont dénombrés. Trois sapins sont même présents. L'introduction de ces espèces, mais surtout la multiplication des secteurs plantés, semblent avoir créé des conflits avec les riverains. Ils furent réglés le 23 août 1841 par un arrêt de la cour de Rennes qui empêche leur trop grande prolifération[35].

4.3.1.2 L'évolution des doits d'usage

Le changement dans la gestion forestière, nécessaire pour le fonctionnement des Forges, a conduit les nouveaux propriétaires à modifier les règlements d'usage en forêt. De nombreux conflits les ont alors opposés aux habitants qui souhaitaient continuer à jouir de leurs droits « immémoriaux ». Les nombreux procès qui se sont déroulés entre 1653 et 1883 témoignent de ces oppositions et décrivent un lent recul des usages au profit de la sylviculture.

Les premières mesures prises pour limiter les prétentions de certains usagers datent de 1634, alors que le duc de La Trémoille vend la forêt. Pour s'affranchir des réclamations qui pourraient provenir des moines de l'abbaye de Paimpont, le triage des bois de la Moutte de

[35] AM Paimpont (non côtées)

Paimpont est réalisé en échange de leur renoncement à leurs droits en forêt. La même année, un canton est également trié pour le seigneur de Brandeseuc en raison de son droit à prendre du bois de chauffage.

Avec la mise à feu du premier haut-fourneau, les futaies sont abattues. Pour protéger les reprises, les propriétaires souhaitent réduire les zones accessibles pour la mise en pâture du bétail à certains cantons seulement. En 1665, ils obtiennent du Parlement de Bretagne une limitation des droits. Les usagers ne peuvent envoyer leurs animaux dans des lieux séparés. Sans doute pour conserver une surface maximale pour la pratique de leurs droits, les usagers déposent une requête pour faire cesser les coupes des futaies. Ces parcelles sont plantées d'arbres suffisamment anciens pour ne pas craindre les dommages causés par le bétail (piétinement, écorçage…). Ils obtiennent gain de cause en 1673, mais la décision est contredite par un arrêt du Conseil du Roi daté de 1681 (Tableau 36).

En outre, à partir de 1669, les habitants connaissent une nouvelle réduction de l'usage. En effet, l'article XIX de l'ordonnance de Colbert sur la gestion des eaux et forêts interdit de conduire en forêt, ainsi que dans les places « vaines et vagues » et les landes alentours, chèvres, brebis et moutons. Les animaux autorisés devaient, quant à eux, être marqués au fer et munis de clochettes. De plus, ils devaient être regroupés en un seul troupeau qui est conduit tous les jours, par un pâtre commun, dans les seuls lieux considérés comme défensables, et ce contre le paiement d'un « assens ». Voyant cela, les usagers tentent de faire confirmer les droits qu'ils possédaient avant, d'envoyer toutes leurs bêtes en forêt où et quand ils le souhaitaient. Ils sont déboutés de leur demande par le parlement de Bretagne en 1685. Ce dernier confirme la primauté de l'ordonnance de 1669 sur l'usage ancien. Cette décision sera confirmée en 1710 et 1751 par des jugements du Parlement de Bretagne et la Cour de cassation.

Date	Juridiction	Décision
1665	Parlement de Bretagne	Droit d'envoyer les bêtes en les faisant inscrire et en payant l'assens Interdiction d'envoyer les bêtes dans des lieux disséminés Droit de cueillir landes, feuilles et houx par branches
1685	Parlement de Bretagne	Maintien les usagers dans leur droit d'usage et panage avec les restrictions liées à l'ordonnance de Colbert 1669
1710	Parlement de Bretagne	L'usage est restreint aux habitants des maisons construites au cours des 40 dernières années ou de celles bâties sur d'anciennes fondations Nomination d'un pâtre principal par village les bêtes doivent être marquées et avoir des clochettes
1751	Conseil du Roi	Confirmation d'un pâtre principal Les bêtes devront être conduites ensemble dans les lieux déclarés défensables
	Cour de cassation	En cas d'afféagement ou d'aliénation de la forêt les habitants ne peuvent être privés de leurs droits tant que les lieux resteront en bois ou landes
1801	Tribunal de Montfort	Les bêtes devront être conduites ensemble par les chemins et dans les lieux déclarés défensables par l'administration forestière Confirmation d'un pâtre principal déboute les habitants de leur réclamation à la possession des landes et vagues de la forêt
1807	Conseil d'état	Confirmation des décisions antérieures
1841	Tribunal de Montfort	Rend nulle une déclaration de M Nicolle, directeur des Forges, selon laquelle les usagers pourraient envoyer toute l'année leurs bêtes en forêt
1879	Conseil de Préfecture	Nomination de 400 pâtres à Paimpont et 50 à Saint-Péran
1881	Tribunal de Montfort	Un seul troupeau par commune
		la garde doit être faite par les pâtres communaux
		Le pacage n'a lieu que 8 mois dans l'année
1882	Cour d'appel de Rennes	Restriction du nombre maximal de pâtres (15 à Paimpont et 5 à Saint-Péran)
1883	Cour d'appel de Rennes	Nomination d'un pâtre unique par commune Accès un seul jour par semaine pendant huit mois par an Accès à la forêt par un seul chemin

Tableau 36 : Principales décisions de justice rendues entre les habitants et les propriétaires des Forges à propos des droits d'usage en forêt

Toutefois, une partie de ces décisions de justice vont partiellement en faveur des usagers. En effet, ces derniers se plaignent de ce que les ouvriers des Forges, bûcherons et charbonniers notamment, conduisent leurs bêtes en forêt pendant qu'ils travaillent, tandis qu'eux, les habitants, voient décroître leurs droits. Ils obtiennent que seuls les résidants de maisons anciennes de plus de 40 ans ou de maisons construites sur d'anciennes fondations pourront jouir du droit de pacage.

Dans le même temps, sans doute en réaction à ces nouvelles réglementations, les habitants de Concoret décident de cesser tout règlement de l'assens mais poursuivent la conduite de leurs troupeaux en forêt. Ils en sont condamnés en 1725. En 1729, ils tentent de conserver leurs droits. M. de Farcy semble prêt à leur concéder le droit de pâturage dans les parcelles forestières, dès quatre ans après leur coupe, contre la somme de 9 deniers par bête, en accord avec la décision de 1681 (Roux, 1984). Dans l'attente d'une décision, l'exercice des droits est suspendu. Il semble que 20 ans plus tard, en 1749, aucune solution n'ait été trouvée. Il en est de même en 1790. A cette date, les usagers de Concoret se renseignent auprès d'un avocat pour récupérer leurs droits. Celui-ci les informe de leur probable perte suite à la non-pratique et au non-paiement des droits. Ceci met fin à la présence des troupeaux de Concoret en forêt de Paimpont.

A Paimpont, la révolution apporte un nouvel espoir aux usagers. Ils tentent de récupérer leurs droits primitifs au titre que les modifications résultent d'un abus du pouvoir féodal. Par la même occasion, ils cherchent à s'approprier les landes et terres vaines et vagues du massif, car, selon eux, seule la forêt a été vendue par le duc de la Trémoille. Mais le tribunal de Montfort les déboute de leurs prétentions le 4 janvier 1801. En 1807, le conseil d'état confirme cette décision.

La situation paraît s'apaiser quelque peu. Un accord semble avoir eu lieu entre les habitants et un directeur des Forges. Celui-ci leur aurait accordé l'accès à la forêt tout au long de l'année. Mais cette situation est précaire et, sans doute en lien avec la vente des Forges et forêt à M. Formont, un arrêt du tribunal de Montfort annule ce compromis, jugeant que le directeur des Forges avait outrepassé ses prérogatives. Une décision similaire est rendue en 1864. L'autorisation d'accès à la forêt toute l'année aurait eu pour but l'obtention de voix lors des élections municipale et générale.

En 1874, les Forges sont achetées par M. Lévêque, un armateur nantais. Lors d'une de ses visites à Paimpont, il est pris à partie par certains habitants mécontents des cantons attribués. Afin de s'affranchir de ces querelles séculaires, le nouveau propriétaire propose à la

mairie de racheter les droits des habitants contre 300 000 Fr ou 675 ha de forêt. N'obtenant pas de réponse, il assigne les mairies de Paimpont et Saint-Péran en rachat ou cautionnement. Pour leur défense, ces instances invoquent la question d'absolue nécessité. Les habitants ne pourraient pas survivre si l'accès à la forêt leur était retiré. En 1879, le conseil de préfecture donne raison aux usagers. Ils peuvent désormais nommer 400 pâtres à Paimpont et 50 à Saint-Péran. Mais l'année suivante, la cour d'appel de Rennes les ramène à 15 et 5. Puis, un an plus tard, cette restriction est confirmée ainsi que la durée de la période de pacage. Elle se déroule entre le 1er avril et le 1er décembre. Cette situation va durer jusque dans les années 1950, où l'exercice des droits va cesser faute d'usager.

4.3.2 La forêt féodale

L'acharnement avec lequel les habitants du massif et principalement ceux de Paimpont, se sont battus pour leurs droits pendant la période d'activité des Forges, s'explique par l'ancienneté de cet accès à la forêt. Avant le XVIIème siècle, le massif forestier de Paimpont apparaît comme un lieu de vie important pour les habitants des paroisses environnantes. La vie y est réglementée par un texte de référence « *les usements de la forêt de Brécilien* [36]» (Puton 1879). Ce document se compose de trois parties qui visent respectivement à régler les usages, coutume et administration de la forêt, à décrire les « merveilles » qui s'y trouvent et enfin à remédier à quelques abus qui s'y pratiquent. Cette dernière partie, la plus récente, correspond à une série d'ordonnances du comte Guy XIV de Laval et date de 1467. Dans ce texte, il apparaît nettement que les usages en forêt sont divers. En plus d'être un lieu de pâturage, la forêt fournit de l'engrais pour les cultures, de la litière pour le bétail, et pour les hommes, fruits et bois de chauffage. Pour les personnages de plus haute importance comme l'Evêque de Saint-Malo ou les abbés de Paimpont et Montfort, la forêt apparaît également comme une source de matières premières. Ils peuvent venir s'y approvisionner en bois d'œuvre pour réparer ou construire leurs demeures, voire pour les charrettes ou autres outils de labours (Annexe 2). Dans ce document, on ne peut toutefois que remarquer l'absence des habitants de la paroisse de Paimpont dans la liste des usagers. Celle-ci ne signifie en aucun cas qu'ils n'avaient pas d'accès à la forêt antérieurement au XVIIème siècle mais seulement, qu'ils ne faisaient pas partie des personnes qui jouissaient, à titre gratuit, de droits en forêt. A ce propos, les comptes de la forêt témoignent de cette

[36] AD35 1 F 1546

exploitation par des particuliers autres que ceux mentionnés dans les *Usements*. Pour l'année 1561, une partie des ventes de bois nous est parvenue. Près d'une cinquantaine de personnes apparaissent. Elles ont acheté du bois en forêt pour une somme d'environ 112 livres[37]. De la même façon, les revenus de la forêt pour l'année 1419 montrent qu'entre la Haute-forêt et la forêt de Lohéac, c'est pour un peu moins de 819 livres que du bois a été vendu (Estourbeillon, 1894). Pour cette même année, les comptes montrent également l'importance qu'occupe le pâturage en forêt. Ils dénombrent 1979 bêtes, sans doute bovins et ovins, et 1497 porcs à la Saint-Jean de Colaece. A l'automne, lors de la glandée, le nombre de ces derniers atteint même 2471. En revanche, les autres droits ne semblent être utilisés que de façon anecdotique par les habitants n'en ayant pas une jouissance gratuite. Ainsi, sur l'ensemble de l'année 1419, le ramassage de genêts, lande et fougères ne rapporte qu'une livre. Au cours de ce premier quart du XVème siècle, la métallurgie semble également n'avoir qu'un rôle mineur dans l'économie locale. Seulement trois forges en activité sont dénombrées. Elles ne fournissent que 90 livres sur les 1734 que rapporte la forêt, soit à peine plus de 5%. Peut-être correspondent-elles aux derniers soubresauts d'une activité auparavant florissante dont témoignent les sites à scories spongieuses tels que le Vert Pignon et Péronnette ? (Vivet 2009)

Pendant ce dernier siècle du Moyen âge, la forêt apparaît sous la forme d'un boisement hétérogène, mélange de taillis et de futaies. Les deux cantons les plus petits, Trémelin et Coueslon, semblent même n'être composés que de tailles, le qualificatif de futaie ne leur étant jamais associé dans la charte de 1467. Vers 1490, son état de délabrement augmente. Il est tel qu'il semble que les officiers chargés de sa gestion éprouvent le besoin de justifier les nombreuses coupes réalisées. Il a été pris « *plus de vingt mille picques par deux reprinses, pour ce que les premières faictes furent perdeues à la rencontre de Saint Aubin*[38] » (Denis 1957). De plus, dans la forêt, ont également été prélevés des bois pour la réparation des moulins et ponts de la région. D'autres ont servi à la fortification de Rennes ou bien encore lors du siège de Ploërmel (80 charrettes). Une telle consommation, si elle n'est pas exagérée, représente une surface de coupe extrêmement importante. Si l'on considère uniquement l'approvisionnement pour l'armement de l'armée bretonne, il faut considérer que ce sont 40 000 gaules d'environ cinq mètres de long qui ont été coupées, soit des pieds d'une quinzaine d'années environ. Si l'on ajoute à cela l'abattage d'individus de futaie pour les

[37] AD35 1 F 1546

[38] La bataille de Saint-Aubin-du-Cormier a eu lieu le 28 juillet 1488 entre les troupes du roi de France, Charles VIII, et celles de François II, duc de Bretagne. La défaite de ces dernières marque la fin du conflit dit « guerre folle » et conduit au rattachement du duché de Bretagne au Royaume de France.

reconstructions, la régénération des boisements a dû être difficile, et ce d'autant plus que le bétail pouvait être dans toutes les parcelles.

Pour la période antérieure au XVème siècle, les données sur le mode de gestion de la forêt se font plus rares et il devient difficile d'appréhender avec précision l'état des boisements. Il semble toutefois, que l'espace forestier constituait déjà un lieu de vie important pour les habitants. D'ailleurs, l'antériorité des revenus de 1419 sur la charte des usements montre bien que les droits d'usage existaient avant les ordonnances de Guy XIV de Laval. Leur existence est mentionnée dans plusieurs chartes retranscrites dans le fonds des blancs-manteaux[39]. Au XIVème siècle, le prieur de Saint-Barthélémy-des-bois conclut un accord avec Raoul de Montfort pour « *raison d'un certain droit que le dit prieur avoie dans la forest* ». En 1267, c'est entre les abbé et convents de Paimpont, d'une part, et Eudes de Montfort, seigneur dudit lieu, sa femme et son fils, d'autre part, qu'un accord est passé. Il fait suite à un différent qui les a opposés à propos des *« usages dans la forest de Brecily »*. Une trentaine d'années plus tôt, Pierre de Lohéac et les religieux de Paimpont étaient entrés en conflit. Ces derniers réclamaient l'exercice du droit qu'ils avaient en forêt. Dans la *Relation de l'abbaye de Paimpont*, il est indiqué qu'en 1228 Pierre de Lohéac confirma à l'abbaye son droit d'usage dans la grande forêt de Brécilien[40]. Elle a dû acquérir ce droit au début de ce même siècle, sa fondation datant de 1199, à moins qu'elle ait conservé un droit d'usage accordé antérieurement, alors qu'elle n'était encore qu'un prieuré dépendant de l'abbaye de Gaël.

Le plus ancien témoignage d'un droit d'usage en forêt date de 1180. Retranscrit par les mauristes au XVIIème siècle, il décrit les droits accordés à l'abbaye de Montfort par les seigneurs du même lieu. Il apparaît que dès le XIIème siècle, lui est accordé le droit de s'approvisionner en bois dans la forêt de Coulon[41]. Dans la retranscription, suit directement un acte de 1213 qui complète cette première donation. Il les autorise à s'approvisionner en bois de construction[42].

---

[39] BNF ms.22322 et ms.22325
[40] BSG ms. 1935
[41] BNF ms.22325 « … *concedo etiam ut ad usum abbatia ligna sumantur in foresta mea de Collum et ligna mortua ad furnum de Monte Forti.* »
[42] BNF ms.22325 *« …ego Willelmus uno dominus Montifortis concessi ut habeat abbatia phasetum in aquad deferenda ligna ad usum suum et ligna ad materiam qui habuerit de concessione mea… ».*

5. Synthèse et discussion

L'analyse des données historiques décrit un massif forestier relativement stable spatialement depuis au moins un demi-millénaire. La réduction observée au XVIIIème et XIXème siècle repose sur une évolution administrative et non sur une transformation paysagère. La diminution de surface apparente du massif de Brécilien est le fruit du morcellement du territoire lors de sa vente. A la forêt de Brécilien, ont succédé trois entités distinctes : les forêts de Paimpont, Trémelin et Coulon.

Cette fixité des formes paysagères depuis le Moyen Âge avait déjà été mise en évidence, à une échelle plus fine, par J.-F. Duval. Dans un mémoire de maîtrise intitulé « *Occupation et mise en valeur du sol dans la région* de *Plélan-le-Grand au Moyen Âge* », il a observé une récurrence importante des micro-toponymes se terminant par les suffixes en –erie et –ais, caractéristiques de l'époque féodale, notamment au sein de l'ellipse de défrichement de Trédéal (Duval 1998 ; Pichot 2003). Ce développement des habitats aux alentours du XIIème siècle n'est pas une exception. On le retrouve régulièrement en Bretagne, comme par exemple autour du site de Dézerseul situé à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Rennes (Reinbold 2010). Dans le cas de la forêt de Paimpont, il convient de s'interroger sur le rôle que l'installation des ateliers sidérurgiques a pu avoir dans la mise en place de ces ellipses de défrichement. Il apparaît en effet qu'une partie des ateliers dits « à scories spongieuses », comme celui du Vert Pignon III, se situe à l'intérieur des ellipses de défrichements, parfois même presque en leur centre. Nous pouvons ainsi également citer l'atelier de Coganne ou bien encore celui du Cannée. La datation la plus ancienne, obtenue à Trécélien, fait remonter le début de leur activité à la charnière des XIIème et XIIIème siècles, en relative corrélation avec les indices fournis par la micro-toponymie. Un approfondissement des travaux archéologiques sur ces ateliers permettraient sans doute de percevoir leur possible rôle initiateur dans la mise en place du paysage paimpontais. La thèse en cours de N. Girault (Université de Paris 1) sur la métallurgie médiévale à Paimpont devrait apporter des éclairages nouveaux sur cette question.

Autour des installations religieuses, le paysage pourrait s'être également fixé à cette même période. A proximité de l'abbaye de Paimpont, les aveux décrivent une stabilité paysagère à partir de 1541. L'habitat du bourg ne s'est développé qu'environ un siècle après la révolution (Guilmaut 2007). La présence de l'étang sans doute dès avant le milieu du XVIème siècle suggère que la zone défrichée autour de l'abbaye présentait antérieurement un

faciès assez similaire, peut être dès l'élévation du prieuré de Paimpont au rang d'abbaye à la fin du XIIème siècle.

La seule modification importante dans l'organisation paysagère concerne la transformation du réseau hydrographique. Avec l'installation des Forges, les besoins en réserves d'eau pour l'activation des machineries hydrauliques se sont accrus. Une série d'étangs a été créée pour y subvenir, ceux des Forges et du Perray notamment. D'autres, pour augmenter leur volume, ont connu une élévation de la hauteur de leur digue comme celui de Paimpont, par exemple.

En termes d'état et de gestion du système forestier, les données historiques décrivent l'espace de Brécilien comme un lieu d'activité important dans l'économie locale depuis plus de 800 ans. Dès le XIIème siècle, des habitants ont accès à la forêt pour s'approvisionner en bois. Les textes qui nous sont parvenus ne concernent que les établissements religieux et les droits qu'ils peuvent exercer gratuitement. Aussi, il n'est pas à exclure que dès les débuts du second millénaire de notre ère, le pacage ait existé moyennant finance. Seuls des comptes antérieurs à ceux du XVème siècle pourraient confirmer cette hypothèse.

Comme dans l'ensemble des forêts où l'exploitation du bois et la conduite du bétail étaient pratiquées sans contrôle fort du pouvoir seigneurial, la forêt de Brécilien semble s'être dégradée au cours du Moyen Âge. A la fin du XVème siècle, les tailles occupent une part importante dans la surface forestière (Jacquet 2003). Les bois de Trémelin et de Coulon en sont exclusivement composés. Dans la paroisse de Paimpont, l'approvisionnement en bois pour la reconstruction après la guerre de 1490 témoigne de la persistance d'arbres de futaie. En 1467, pour préserver ses revenus, et sans doute également la qualité de ce territoire de chasse, Guy XIV de Laval clarifie les réglementations en vigueur afin de limiter les abus. Il est difficile de ne pas voir dans cette révision de la législation forestière de Brécilien, une influence de Louis de Montfort, dit de Laval. Ce frère cadet de Guy XIV a reçu du Roi de France la charge de grand maître des eaux et forêts du royaume à peine plus d'un an avant la rédaction de l'acte des *Usements de Brécilien*. Cette réformation de la législation en forêt semble avoir porté ses fruits. Au début du XVIIème siècle, la futaie paraît avoir repris une place plus importante dans le paysage puisque les habitants protestent de son abattage dans les premières années d'activité des Forges.

A l'instar des transformations paysagères liées à la création des étangs, les données historiques montrent que ce sont les Forges qui vont provoquer les grandes métamorphoses dans l'utilisation et la gestion du massif forestier. Avec l'installation du procédé indirect de

réduction du minerai de fer, la consommation en bois a explosé sur le massif, comme dans toutes les régions où des haut-fourneaux s'installent (Gras 2007 ; Bonhôte 1997 ; Métailié 1992 ; Dornic 1984). Afin de pourvoir au maximum aux besoins de ces grandes forges, la forêt de Paimpont change de mode de gestion. A la fin du XVIIème siècle, la coupe des futaies ne semble pas avoir fait l'objet d'organisation particulière. La quasi-totalité de la forêt est alors transformée en taillis. Sa rotation est tout d'abord de l'ordre de 25 ans, puis, lorsque s'installe un second haut-fourneau, elle se réduit à 10-15 ans. Cette évolution dans le mode de gestion des forêts pour la métallurgie du fer apparaît comme une constante à travers toute la France. Pour la Normandie et les Pays de la Loire, J.-F. Belhoste observe l'abattage des futaies seigneuriales dès la fin du XVème siècle. Ce n'est qu'au milieu du siècle suivant que les coupes du taillis sont réglées (Belhoste 1992).

Pour protéger la régénération des parcelles forestières après les coupes, le droit de pacage est restreint conformément à l'ordonnance des eaux et forêts de 1669. Seules les parcelles qui ont été déclarées défensables sont dorénavant accessibles au bétail. De plus, ce dernier ne peut pas être conduit par chacun, selon son gré. Les animaux doivent être menés en un troupeau commun et par un pâtre désigné. Cette double transformation dans la gestion forestière, développement des taillis et contrainte d'accès, a entraîné de vives réactions dans la population riveraine qui se sentait dépouillée de droits dont elle jouissait depuis plusieurs siècles. Le nombre d'infractions au nouveau règlement et de procès entre collectivité et propriétaires des Forges aurait peut être été moindre si le début de l'activité des Forges et l'ordonnance de Colbert avaient été plus espacés dans le temps, laissant le temps aux habitants de s'habituer à l'une avant de subir l'autre.

Malgré ce durcissement de la réglementation forestière, la dégradation de la forêt a perduré. La densité des arbres a diminué et au XIXème siècle, l'image qui ressort du dénombrement des pieds sur quelques parcelles forestières est bien éloignée de la forêt dense qui occupe aujourd'hui les versants de la Haute-forêt. Avec en moyenne 25 à 30 arbres par hectare si l'on exclue les plantations, l'aspect du massif est sans doute à rapprocher des prairies boisées qui se rencontrent par exemple au Royaume-Uni (Rochel 2008). Ce n'est qu'avec l'arrêt des hauts-fourneaux et les plantations, notamment de pins, que la forêt a connu sa mutation vers sa forme actuelle. Les résineux n'ont été introduits qu'autour de 1840 pour leur forte production de bois. Les pinèdes ont rapidement colonisé les landes en partie naturellement mais aussi et surtout suite à diverses campagnes de plantation.

6. Conclusion

L'approche archéologique n'apporte que peu de données sur la connaissance de l'évolution du massif de Paimpont. L'application de cette approche en contexte forestier a rencontré ici encore une limite due à la difficulté de dater les vestiges inventoriés. Les nombreuses structures repérées lors des campagnes de prospection témoignent pour le moins d'une évolution régulière dans la répartition des sites d'occupation. Les structures parcellaires suggèrent en de nombreux endroits l'existence de clairières aujourd'hui disparues. Leurs vocations et attributions chronologiques ne pourront cependant pas être établies sans la réalisation de sondages.

Les rares structures découvertes pour lesquelles une attribution chronologique peut être avancée sont soit des structures funéraires pré- et protohistoriques, soit des ateliers sidérurgiques. Le caractère mégalithique des premières et la morphologie des scories des seconds constituent des marqueurs typochronologiques suffisamment fiables pour confirmer une implantation humaine continue et sans doute bien développée sur le massif de Paimpont depuis le Néolithique final.

L'analyse des données historiques a permis de détecter la relative stabilité spatiale du massif de Paimpont depuis le XIIème siècle. Elle le décrit comme une mosaïque paysagère complexe où s'entremêlent boisements, landes, terres agricoles et habitats. Il n'apparaît pas de franche dichotomie entre des aires cultivées activement fréquentées par l'homme et des forêts sauvages. Toutes les composantes paysagères s'intègrent dans la vie économique locale. Les genêts et ajoncs des landes sont récoltés pour fournir de la litière. Les forêts, en plus d'assurer un approvisionnement en bois de construction et chauffage, servent au fonctionnement des ateliers sidérurgiques et complètent l'alimentation, tant humaine qu'animale.

De plus, l'approche historique du massif de Paimpont a permis de mettre en évidence une succession de phases d'exploitation de la forêt plus ou moins intensives. A la période médiévale, la multiplication des activités qui s'y déroulent semble avoir entraîné une dégradation de l'état des boisements qui atteint son paroxysme à la fin du XVème siècle, lorsque la forêt fournit les matériaux à l'armée bretonne puis pour la reconstruction à la fin de la guerre.

Prenant conscience de cette déliquescence, Guy XIV de Laval initie un mouvement de préservation de la forêt de Brécilien. Peu effectif dans le climat politique instable de la fin du

XVème siècle, cette dynamique a pris son essor au cours du siècle suivant. La futaie semble avoir gagné du terrain, au moins dans les quartiers de Haute-forêt et de Lohéac. C'est contre son abattage que les habitants se sont élevés dans les premiers temps de l'activité des Forges.

Pendant toute la durée de fonctionnement des hauts-fourneaux, l'exploitation de la forêt n'a eu de cesse de s'intensifier. La futaie a été convertie en taillis dont la rotation s'est réduite peu à peu. Au milieu du XIXème siècle, l'image qui transparaît des textes reflète bien plus une prairie arborée qu'une forêt dense. La fermeture du milieu qui conduira à la forêt actuelle est la conséquence de l'arrêt de l'activité de réduction ; cette pression d'exploitation moindre s'accompagne d'une dynamique de reboisement, notamment avec l'introduction des résineux.

Synthèse

1.1 Du Paléolithique final au Néolithique final

Pour cette longue période chronologique qui court entre les XIème et IIIème millénaires avant notre ère, les données recueillies sont essentiellement d'ordre palynologique. L'évolution du paysage végétal dépend principalement des variations climatiques de la fin de la dernière période glaciaire. Avec le réchauffement du climat, le massif de Paimpont connaît une dynamique végétale assez similaire à celle qui a pu être observée dans d'autres secteurs armoricains, et plus largement dans le nord de la France. A la steppe froide du Dryas récent, succède une forêt à bouleaux et pins. Celle-ci disparaît rapidement lorsque se met en place une forêt caducifoliée.

En termes d'anthropisation, les données polliniques sont assez peu loquaces. Avant le processus de néolithisation, les populations de chasseurs-cueilleurs n'impactent pas leur environnement. Au cours du Paléolithique final et au début du Mésolithique, les taxons ordinairement attribués au cortège des rudérales, pour les périodes plus récentes, correspondent à un ensemble d'espèces steppiques froides accompagnatrices des pins, bouleaux et genévriers. Les perturbations qui favorisent leur développement sont d'ordre climatique et non pas anthropique.

Bien qu'une présence soit attestée archéologiquement sur le massif dès le Mésolithique, les premiers indices polliniques fiables ne sont enregistrés qu'au cours de l'Atlantique récent, soit au Néolithique moyen. Il s'agit d'une occurrence de *Fagopyrum* au sommet de la zone GMO I, associée à une légère diversification des rudérales. Pendant le Néolithique récent/final, entre 3500 et 2300 BC, la présence de l'homme se fait plus évidente. La phase II du site du *Gué Mony* voit l'apparition des céréales, une hausse des Graminées et un développement du cortège des anthropiques, tant de manière qualitative que quantitative.

1.2 L'âge du Bronze

Comme pour les périodes antérieures, l'histoire du paysage de Paimpont à l'âge du Bronze n'est renseignée que par les données polliniques et, cette fois, archéologiques. Si ces dernières attestent de pratiques funéraires, l'archéobotanique montre que le massif était également un lieu de vie.

L'âge du Bronze est décrit par 55 échantillons provenant de trois séquences polliniques. Si la séquence du *Pas de la Chèvre* est peu marquée par la présence humaine avec seulement un pollen de céréale en début d'enregistrement, de faibles taux de *Poaceae* et quelques adventices et rudérales, les analyses réalisées au *Gué Mony* et aux *Noës Blanches* témoignent d'une anthropisation continue. Le milieu y apparaît plus ouvert avec en moyenne 20% de Graminées. Céréales et blé noir sont cultivés et le cortège des rudérales évoque un possible pastoralisme malgré des taux relativement faibles.

1.3 L'Âge du Fer

C'est la période la plus ancienne pour laquelle les données disponibles proviennent de deux sources archéobotaniques différentes : les pollens et les charbons de bois. En palynologie, seul le site du Gué Mony semble avoir enregistré cette phase et plus exactement le Hallstatt. Cette séquence décrit une dynamique en deux temps. Le milieu est d'abord très fermé avec à peine 10% de pollens de *Poaceae*, puis il se produit une légère ouverture à la fin du Premier âge du Fer. Elle se traduit par un triplement de la fréquence des graminées associées à un recul du chêne et du noisetier. Un hiatus dans la séquence masque la fin de cette période. On peut toutefois supposer que le milieu reste relativement boisé à La Tène, boisement perdurant aux débuts de la période romaine comme le décrit la base de la séquence de Trécélien.

Malgré l'importance de l'activité sidérurgique, cette dernière ne semble pas avoir joué un rôle majeur dans l'éclaircissement du milieu observé à partir de la fin du Hallstatt. En effet, l'estimation des besoins pour les opérations de réduction et les données anthracologiques montrent que l'approvisionnement en bois pour le fonctionnement des fours de l'époque est d'une faible importance : seuls 86 arbres sont consommés au Hallstatt et un peu plus d'un millier à La Tène, soit moins de trois individus par an. De plus, la collecte présente d'abord un caractère opportuniste. Le comportement des forgerons semble plus proche de la cueillette du bois au gré de leurs pérégrinations en forêt plutôt qu'à un choix arrêté. Bois mort, lierre et essences proches du lieu de travail semblent constituer l'essentiel du combustible.

Puis, à La Tène, une sélection s'opère visant préférentiellement le chêne. Elle se perçoit très nettement au travers des neuf échantillons anthracologiques étudiés, issus de quatre ateliers de réduction. Seulement l'un d'entre eux présente un spectre pluri-spécifique.

L'impact humain observé résulte alors plus probablement de l'installation d'un habitat à proximité duquel une activité pastorale devait avoir lieu. Elle est perçue dans les données polliniques au travers d'une légère hausse des taxons rudéraux, principalement l'oseille et le plantain lancéolé. Les occurrences de céréales demeurent rares. Cette quasi-absence traduit très certainement plus un masquage lié à la plus forte production pollinique des boisements locaux qu'à une réelle absence de zones cultivées.

1.4 La période gallo-romaine

L'absence actuelle de découverte d'atelier sidérurgique gallo-romain sur le massif de Paimpont a exclu toute possibilité d'analyse anthracologique pour cette période. De plus, comme aucun texte connu ne renseigne l'histoire locale à cette période, les seules archives à notre disposition pour appréhender le paysage au cours des premiers siècles de notre ère sont encore d'ordre pollinique. Deux séquences semblent avoir enregistré cette période : *Trécélien* et les *Noës Blanches*.

Au Haut Empire, la présence humaine sur le massif apparaît faible. La chênaie domine très largement. Le cortège des anthropiques est faible et peu diversifé. Ces spectres polliniques renvoient l'image d'une zone peu fréquentée par l'homme. Les sites d'occupation semblent se répartir autour de l'actuelle forêt (Gauthier 1999 ; Blain 1993, Monteil 2007). Seule la voie romaine mentionnée par F. Bellamy (1913) témoigne de rares implantations à l'intérieur du massif. Son observation à la limite des communes de Gaël et Mauron puis sur le camp de Coëtquidan nous fournit son orientation générale. Il semble qu'elle ait suivi un tracé globalement nord-sud. Elle traverserait alors le massif au niveau du bourg de Paimpont, coïncidant presque à l'emplacement de l'actuelle route. Il est possible que son tracé ait marqué la limite entre Haute-Fôret et quartier de Lohéac, entre seigneuries de Gaël et de Lohéac, entre les juridictions de Ploërmel et de Rennes, à la période médiévale. Les fragments de *tegulae* découverts récemment dans le bourg de Paimpont proviennent sans doute de structures connexes à cette voie (Vivet 2006).

Durant la seconde moitié de la période romaine, les données polliniques de *Trécélien* décrivent une dynamique d'ouverture en discordance totale avec les observations généralement réalisées sur le Massif armoricain. A Paimpont, la chênaie recule alors que les rudérales et cultivées sur multiplient. Fruiticulture et céréaliculture se développent. Habituellement, c'est un franc déclin de l'agriculture qui est observé (Marguerie et Langouët, 1993). C'est le cas par exemple en baie de Douarnenez (Marguerie 1992), dans la région de

Pleine-Fougères (Marguerie 2009) et en Mayenne (Barbier 1999). Cette période de recul d'anthropisation dans le Nord-ouest de la France coïncide avec un optimum climatique caractérisé par des étés généralement plus chauds et plus longs. Ces nouvelles conditions environnementales ont généralement conduit à une réorganisation de l'espace avec un abandon des secteurs qui étaient déjà les moins propices à l'agriculture (Marguerie 2009). Or, sur le site de Trécélien, les IVème et Vème siècles voient à l'inverse une hausse du degré d'hygrométrie qui favorise le développement des plantes aquatiques et paludicoles (rubanier, potamot, myriophylle…). C'est peut être cette tendance locale originale qui a favorisé l'installation de populations dans un secteur auparavant peu favorable aux cultures. L'abondance relative de l'eau dans le secteur a pu devenir un élément majeur dans le choix d'implantation des sites d'habitats en cette période d'étés plus arides.

1.5 Le Moyen Âge

Le Moyen Âge a été enregistré par chacune des sources examinées. Les quatre séquences polliniques le couvrent au moins partiellement, l'anthracologie et les données historiques le renseignent dans sa dernière moitié.

Pendant le haut Moyen Âge, entre 500 et 1000 BC, le paysage est exclusivement décrit par l'approche palynologique. Les séquences de *Noës Blanches* et du *Pas de la Chèvre*, qui l'enregistrent, font état d'une période de recul de l'anthropisation. Le bouleau et le chêne présentent des courbes croissantes qui indiquent une reconquête de la forêt. Dans le même temps, les plantes cultivées et autres anthropiques tendent à décroître. Comme nous l'avons évoqué précédemment dans l'approche pollinique, cette dynamique est à l'inverse des observations réalisées sur le Massif armoricain, et plus particulièrement en Haute Bretagne. Au Nord-Est de l'Ille-et-Vilaine, quatre séquences polliniques révèlent une intense activité agricole au cours des VIIIème et IXème siècles : le Teilleul-Louvaquint, le Breil Rigaud, la Motte Bertier et le Perrey (Marguerie 2009). Cet abandon du massif est peut-être à rapprocher des variations du climat qui se produisent à cette période. L'optimum gallo-romain se terminant, les sécheresses estivales deviennent plus rares. Une réinstallation dans les plaines désertées au Bas Empire a pu se produire. Le massif n'est toutefois pas complètement abandonné à cette époque comme l'attestent quelques occurrences de céréales dans les niveaux polliniques. De plus, c'est au haut Moyen Âge, VIIème siècle, que le prieuré de Paimpont est censé avoir été fondé par Judicaël, roi de Bretagne (Corson 1880). Si aucun document manuscrit n'atteste de cette fondation, un sondage archéologique réalisé sur les

bords de l'étang de Paimpont a livré du mobilier céramique attribuable aux IX-Xème siècles. Malgré d'importants remaniements des vestiges, cette découverte atteste également d'une fréquentation du massif à la période carolingienne (Oillic 2011).

La seconde moitié du Moyen âge, de 1000 à 1500 AD environ, a été renseignée par les trois approches utilisées au cours de ces travaux. Les données historiques, relativement lacunaires, décrivent un paysage qui semble assez stable spatialement. En revanche, l'analyse pollinique des quatre tourbières relate une histoire plus complexe où le paysage connaît une ouverture importante et rapide, suivie d'une phase de reboisement tout aussi vive. Au milieu de la période, il se produit un très fort retrait de l'ensemble des ligneux, à l'exception du hêtre. Il entraîne une chute drastique des *AP* dont la valeur décline parfois à moins de 20% contrastant très fortement avec l'ambiance qui ressort des parties inférieures des diagrammes. Cette ouverture qui semble affecter l'ensemble du massif s'accompagne d'une hausse des taxons anthropiques, dont les cultures : céréales, blé noir et sans doute chanvre. Puis, à l'aube du XVème siècle, le milieu se referme, les témoins d'agriculture se font plus rares dans les diagrammes.

Les données historiques racontent, quant à elles, une histoire légèrement différente. Certes, elles sont très lacunaires antérieurement au XVème siècle, toutefois, elles semblent indiquer une persistance des usages depuis le XIIème siècle. Récolte du bois de feu, abattage pour la construction et pacage ne sont qu'une partie des activités qui ont cours en forêt. Ces multiples usages semblent entraîner une dégradation des boisements qui atteint son maximum au cours du XVème siècle et rend obligatoire la mise en place d'une législation plus stricte dans l'espoir de les préserver. Toutefois, la reprise semble fragile jusqu'à la fin de ce siècle où la forêt fournit la région en bois pour la reconstruction après la guerre de 1490.

Enfin, l'approche anthracologique renseigne sur l'exploitation forestière pour la métallurgie au cours du XIVème siècle. Il apparaît que les forgerons de cette période avaient une consommation de bois élevée, dont les estimations varient entre 300 et 1 200 tonnes de charbon de bois par an. Pour satisfaire à cette demande, l'ensemble des types de boisements a dû être exploité. Les spectres anthracologiques des ateliers du Vert Pignon III, Péronnette et Trécélien (Oillic et al. 2009) sont très diversifiés. Chênes et hêtres devaient provenir de boisements denses, saules et aulnes des ripisylves et zones humides ainsi que les bouleaux, à moins qu'ils n'aient été coupés sur les landes et lisières avec les pruneliers et noisetiers. La présence de nombreux bois peu réputés pour la qualité de leur charbon évoque un comportement très peu sélectif, probablement lié à une nécessité de quantité plus que de qualité. Cette pratique résulte certainement d'une raréfaction de la disponibilité en bois qui

coïnciderait avec le paysage décrit pour la même période par la palynologie. La dynamique de reboisement observée au XVème siècle pourrait correspondre au déclin puis à l'arrêt des ateliers dits « à scories spongieuses ».

Dans un tel contexte, il faut sans doute considérer que les données historiques décrivent pour le XVème siècle un paysage forestier peu florissant mais dont l'état devait être bien meilleur que celui du siècle précédent, au maximum de l'activité sidérurgique médiévale. Le déclin d'anthropisation observé pendant la fin du Moyen Âge en palynologie, est sans doute à modérer. Le nombre de bêtes conduit en forêt en 1419, près de 4500, est une information vraisemblable étant donnée sa provenance. Dans ces comptes seigneuriaux, il semble plus probable d'avoir une sous estimation de ces chiffres, en cas de fraude des agents encaisseurs, plutôt qu'une surestimation. De plus, ce nombre ne prend pas en compte le bétail pour lequel aucun droit n'est payé, comme celui par exemple de l'Evêque de Saint-Malo ou des abbés de Paimpont et Montfort-sur-Meu. De tels troupeaux présents annuellement en forêt ne peuvent probablement pas ne pas se percevoir dans les diagrammes polliniques. Aussi, à moins que l'année de 1419 ne soit une exception, la baisse des indicateurs de pastoralisme résulte probablement plus d'une hausse des productions polliniques par les arbres qui vient masquer le signal des rudérales. Il en va très certainement de même pour les fréquences polliniques des taxons cultivés dont les pollens se dispersent peu (Heim 1970).

1.6 La période moderne et subactuelle

C'est pour cette fenêtre de temps, entre 1500 AD et aujourd'hui, que les sources sur le massif de Paimpont sont les plus nombreuses et peuvent le plus aisément être confrontées.

Les données polliniques décrivent pour cette période une dynamique paysagère en trois étapes. Pendant le XVIème siècle, la région apparaît assez fortement boisée avec un cortège de taxons forestiers qui fournit plus de la moitié du spectre pollinique sur les différents diagrammes. Le paysage connaît ensuite une ouverture très nette. L'ensemble des taxons forestiers chute brusquement, les graminées voient leurs fréquences monter en flèche atteignant parfois une cinquantaine de pourcent et les taux d'Ericacées bondissent également entre 20 et 40%. Ces évolutions témoignent d'une présence de plus en plus marquée des landes dans un paysage où la forêt n'apparaît plus que ponctuellement. Dans les secteurs où elle persiste, son aspect évolue. Le charme se développe au côté du chêne, tandis que le hêtre s'efface. Enfin, au sommet des séquences polliniques, il se produit une réapparition nette des boisements mais sous une forme différente de celle qu'ils avaient deux à trois siècles plus tôt.

Les feuillus reconquièrent difficilement les espaces défrichés. A la place, ce sont les résineux qui s'installent.

Pour la même période, les données anthracologiques décrivent une évolution qui paraît similaire en termes de composition floristique. Sur le site de Péronnette, la hêtraie décrite par l'échantillon 2009 disparaît au profit d'une chênaie bien représentée dans les niveaux à la base de la charbonnière Ch2. Les fréquences du hêtre, déjà faibles dans ces niveaux, décroissent de moitié alors que le charme se développe. Dans le même temps, les données dendrologiques et de calibres témoignent d'une exploitation d'éléments de petit calibre, rarement plus de 5 cm de diamètre, avec une fréquence de coupe de plus en plus courte au vu du nombre de cernes maximum observé. De 30 à 40 ans, le temps entre deux phases d'exploitation semble se réduire à seulement une quinzaine d'années.

Les données historiques décrivent quant à elles une situation légèrement différente. Lors de l'installation des Forges, les usagers se plaignent d'une réduction des futaies qui existaient jusqu'alors. Ce qui correspond bien à ce qui est décrit tant par les données polliniques que par les données anthracologiques. L'abondance du hêtre dans les deux types de cortège plaide en effet pour la présence d'un couvert dense et sans doute d'assez belle venue. En revanche, à partir de l'installation des Forges, les descriptions fournies par les données historiques divergent de celles de l'archéobotanique. Le contraste le plus visible est obtenu en considérant les fonds cartographiques. Qu'il s'agisse de la carte de 1727, du cadastre napoléonien ou des minutes d'état-major, toutes ces représentations graphiques montrent le maintien des surfaces forestières, même à proximité immédiate des points de prélèvement palynologique. De plus, si l'on en croit les données concernant les Forges, la forêt continue de fournir une grande partie du combustible nécessaire à leur fonctionnement, tant avant qu'après l'introduction des procédés au coke. Une raréfaction du bois est bien observée, mais la production locale annuelle reste de quelques milliers de cordes. Pourtant, une donnée semble contredire ces informations : le dénombrement de huit coupes datant des environs de 1840. Les densités de boisement qui y sont décrites sont extrêmement faibles, surtout lorsque les plantations de résineux sont exclues : moins de 20 pieds à l'hectare.

Plusieurs phénomènes doivent pouvoir expliquer ces divergences entre les différents jeux de données. Le premier peut sans doute être qualifié de « *force de l'habitude* ». Le secteur de Paimpont est connu sous le terme de forêt depuis au moins un millénaire au moment où sont réalisés les fonds cartographiques et rédigés les documents relatifs au Forges. Plus qu'à une réalité matérielle, cette expression correspond à un toponyme qui désigne un secteur géographique avec toute la mosaïque paysagère qu'il contient. Dès le XVème siècle, la

forêt de Brécilien est constituée d'un ensemble de boisements, landes, terres agricoles, étangs, etc… Malgré l'éclaircissement des boisements, les terres dites de forêt conservent leur usage. Du bois y est toujours coupé et les droits de pacage continuent d'y être exercés, certes de façon plus encadrée.

De plus, il faut considérer l'hypothèse d'une absence de représentation des boisements de nos données. L'achat de charbons de bois provenant de la forêt par les Forges est un fait qu'il est difficile de remettre en cause. Par conséquent, les arbres à l'origine de cette production étaient forcément présents sur le massif. Cela signifie alors que le dénombrement des huit parcelles est soit biaisé, soit non représentatif de l'ensemble du massif. Les densités qui ont été calculées sur la base de ces recensements sont faibles et cohérentes avec l'image d'un paysage ouvert qui ressort de l'approche pollinique. Ce qui sous-entend que le nombre d'arbres comptés est juste et nous renvoie à la question initiale de l'origine du bois consommé par les Forges.

Une voie de sortie à ce raisonnement circulaire est fournie par le mode de gestion de la forêt. Le terme de tailles ou taillis revient fréquemment dans les textes du XVII au XIXème siècle, ce qui ne laisse aucun doute sur le mode d'exploitation de la forêt. Comme le montre les données dendrologiques et l'âge des coupes, la durée de rotation décroît au cours du temps, passant de 25 à moins de 15 ans. Or, si l'on considère l'âge d'arrivée à maturité sexuelle des essences qui composent les boisements, il apparaît clairement que ceux-ci sont bien supérieurs au rythme des rotations. Le chêne pédonculé, par exemple, ne l'atteint qu'autour de 40 ans (Quartier A., Bauer-Bovet P., 1973). Dans ce contexte, il apparaît que seuls les rares individus les plus âgés de la végétation arborescente pollinisent, ceux qui ne sont pas traités sous forme de taillis. Les autres plants disparaissent alors complètement du signal pollinique. Ils sont pourtant toujours présents et fournissent le combustible aux Forges (Oillic 2010). Les arbres dénombrés vers 1840, en dehors de ceux plantés comme les résineux, doivent être des pieds ensemenceurs conservés pour permettre une régénération naturelle de la forêt après les coupes, en sus de la reprise sur souche. Cette différence entre paysage pollinique et végétation a déjà été perçue, notamment en Finlande par S. Hicks (2006). Dans son étude, elle montre que des coupes ou des dommages peuvent empêcher les arbres de fleurir. Ceci entraîne une violation indirecte de la première hypothèse de la palynologie « *La pluie pollinique est représentative de la végétation* » (Reille, 1992), puisque dans les conditions évoquées précédemment, il y a une différence entre le paysage végétal et la végétation pollinisatrice.

Conclusion et perspectives

A son commencement, ce travail de recherche s'était fixé cinq objectifs. Au niveau local, il cherchait 1) à éclairer l'histoire du massif de Paimpont et 2) à comprendre le rôle que la métallurgie du fer a pu y jouer, notamment au travers 3) des comportements d'approvisionnement en combustible des forgerons. Plus largement, il s'agissait également 4) d'apporter des informations nouvelles sur l'histoire de la végétation du Massif armoricain. Enfin, d'un point de vue méthodologique, cette thèse visait à montrer 5) l'intérêt éventuel d'étudier les environnements passés avec une approche intégrant plusieurs méthodologies.

Au niveau de l'histoire locale, il est clairement apparu qu'un massif forestier s'est installé sur le secteur de Paimpont au cours du Préboréal. D'abord composé de bouleaux et pins, il a progressivement évolué vers la forêt caducifoliée, stade qu'il atteint dès le Boréal. Depuis lors, la forêt est restée une composante importante dans l'environnement. Seule deux grandes phases d'ouverture ont pu être observées. La première a eu lieu pendant la seconde moitié du Moyen Âge, la seconde entre les XVIIème et XIXème siècle. Pourtant, le paysage plus ancien apparaît bien différent de celui qu'avait décrit A. de la Borderie à la fin du XIXème siècle. Pour lui, l'Armorique altomédiévale prenait la forme d'une « *zone littorale dévastée, anéantie, brûlée, un rivage sans habitants et sans culture ; dans l'intérieur, entre les forêts, la vue courait sur de grands espaces vides, incultes, pleins de lianes et de ronces […] L'habitation humaine en Armorique était un accident, la règle générale la ronce, le buisson, la forêt et son hôte la bête féroce* » (La Borderie 1896). En effet, les indices polliniques d'anthropisation et les données archéologiques montrent très clairement la présence de populations dès le Néolithique. La Haute-forêt apparaît très tôt comme un lieu privilégié pour l'inhumation mais également pour les activités agropastorales qui se situaient autour des habitats. Avec l'apparition de la métallurgie, l'implantation humaine s'est développée. Le nombre d'ateliers recensés pour le second âge du Fer en témoigne bien. Mais le milieu reste globalement forestier, l'activité humaine devant se concentrer essentiellement dans les clairières. Pour la période romaine et le haut Moyen Âge, les indices d'anthropisation sont toujours faibles et les données archéologiques confirment une répartition des sites d'occupation à l'extérieur du massif, notamment pendant le Haut Empire. Le paysage ne s'ouvre que pendant le bas Moyen Âge. C'est à cette période que fonctionnent les ateliers sidérurgiques du type de Trécélien, Vert Pignon III et Péronnette. Une douzaine d'entre eux

ont été inventoriés et leur production globale est de l'ordre de plusieurs milliers de tonnes de fer. Puis, il se produit une phase de reconquête forestière avant un maximum d'anthropisation du milieu à la période moderne et subactuelle. Les données indiquent que la forêt reste largement présente mais sous une forme plus basse. La futaie laisse place à un taillis coupé très régulièrement et n'apparaissant pas en palynologie faute de production pollinique. En revanche, cette approche révèle un important développement des landes, probablement lié à une érosion des sols consécutive à l'intensification de l'exploitation.

Le rôle de la métallurgie dans cette évolution apparaît peu prégnant entre le Hallstatt et la fin du Moyen Âge central. Les estimations de consommation en bois sont peu élevées et confirment l'idée que les ouvertures paysagères observées au cours des deux millénaires qui suivent l'apparition de la sidérurgie résultent sans doute plus de défrichements liés à la mise en valeur des terres pour les activités agropastorales. En revanche, les deux fortes baisses du couvert forestier enregistrées ensuite peuvent être imputées aux besoins en combustible des ateliers sidérurgiques. Pour chacune de ces deux phases, une activité métallurgique importante est attesté sur Paimpont : les ateliers à « *scories spongieuses* » d'une part, les Forges d'autre part. A chaque fois, les estimations de bois nécessaire à leur fonctionnement atteignent plusieurs centaines d'arbres par an.

Ces résultats obtenus dans le cadre restreint du massif de Paimpont permettent de poser de nouveaux questionnements tant au niveau de l'histoire du paysage armoricain, du comportement des forgerons que du point de vue la méthodologie. En effet, en montrant que le massif de Paimpont peut être considéré comme une forêt ancienne cette étude ne permet d'infirmer complètement l'image romantique d'une vaste forêt recouvrant le centre de la Bretagne. Seule le côté « sauvage » des descriptions du XIXème a pu être écarté grâce à la permanence des signaux d'anthropisation. Seule la poursuite des études palynologiques, et de façon plus générales, paléobotaniques au cœur de la péninsule armoricaine permettra d'écarter ou non la vision dichotomique de l'Armorique, entre le littoral ouvert et le centre boisé, entre l'Armor et l'Argoat.

De plus, il a également été possible de voir, qu'en fonction de la hauteur de ces besoins, le comportement des forgerons évoluait. Dans les premiers temps de la métallurgie du fer, ces artisans ne semblent pas effectuer de choix. Puis, alors que la production s'intensifie, la collecte apparaît beaucoup plus ciblée, visant essentiellement le chêne dont le charbon présente des qualités combustibles élevées. Enfin, au plus fort l'activité, alors que la ressource se raréfie, il semble que soit la quantité qui soit privilégiée, au détriment de la

qualité. Le nombre d'espèces collectées augmente. Il faut répondre à tout prix au besoin. Malheureusement, ces changements dans le comportement des forgerons ne reposent parfois que sur l'analyse d'un faible nombre de charbons de bois. C'est notamment le cas pour le Premier âge du Fer où seulement 35 charbons ont été analysés. Aussi, ces constations mériteraient d'être approfondies avec l'étude de lots provenant d'autres ateliers hallstattiens, mais également avec des échantillons gallo-romains et altomédiévaux afin de couvrir l'ensemble des périodes chronologiques.

Cette évolution pressentie dans le comportement de collecte suggère que les premiers forgerons du massif ont eu à s'adapter et à découvrir l'environnement local et ils n'avaient alors pas ou peu de connaissances dans les propriétés combustibles des différentes espèces ligneuses pour la pratique de leur art. Cette découverte totale pourrait suggérer qu'il n'y avait aucune relation entre forgerons et artisans bronziers. En effet, dans le cas contraire, il est possible de supposer que les connaissances acquises dans le cadre du travail des métaux à base cuivre aient pu se retrouver dans les comportements des sidérurgistes. Pour tester cette hypothèse d'indépendance entre les deux corps de métiers, il serait intéressant de poursuivre les recherches sur des ateliers de réduction hallstattien mais également d'analyser le combustible utilisé par les bronziers, tant à l'âge du Bronze que pendant l'âge du Fer.

Les données polliniques récoltées au cours de cette thèse ont permis d'établir une histoire de la végétation quasi continue sur le massif de Paimpont depuis le Dryas récent. La dynamique végétale observée présente de nombreuses similitudes avec celle qui avait déjà été perçue en d'autres endroits du Massif armoricain. On note notamment la présence d'un Préboréal caractérisé par une nette dominance du bouleau devant le pin. La dynamique paimpontaise se singularise toutefois par un pic du chêne antérieurement à l'essor boréal du noisetier, mais également par l'absence de taxons mésophiles avant la fin du Préboréal. On ne retrouve pas non plus, dans notre étude, l'arrivée précoce d'autres taxons comme l'aulne, contrairement à ce qui a pu être observé en Mayenne ou dans le Finistère. L'histoire de la végétation apparaît ainsi beaucoup plus semblable à celles du Nord de la France, tandis que les travaux réalisés depuis une vingtaine d'année tendaient à montrer l'existence d'une exception armoricaine. Celle-ci peut s'expliquer par de nombreux processus. Tout d'abord, les travaux menés récemment sur le massif armoricain utilisaient une approche originale basée sur le calage chronologique par datation absolue tandis que les chronozones sont basées avant tout sur la similitude des assemblages polliniques et de leur évolution. D'autre part, il faut noter que les résultats obtenus sur le Massif armoricain ne sont pas mis en corrélation

avec les chronozones définies par Mangerud et al. (1974), mais avec celles qui avait été établies par Morzadec-Kerforn la même année et dont les limites chronologiques diffèrent légèrement. Aussi, à la lumière de ces nouveaux résultats il apparaît intéressant de reprendre ces données antérieures avec une méthodologie plus classique afin de voir si les divergences observées ne peuvent être dues qu'à l'utilisation de procédés analytiques différents.

Enfin, ces travaux ont permis de confirmer que le croisement des sources était indispensable à la compréhension des environnements passés. Ici, le cas le plus significatif est l'étude du paysage au cours de la période subactuelle. Alors que les polliniques décrivent un paysage très largement ouvert, dominé par la lande et les cultures, les sources historiques attestent d'un environnement forestier où viennent s'approvisionner très largement les Forges. Cette différence entre les deux proxies a pu être expliquée par le mode de gestion de la forêt. En effet, il est apparu que celle-ci prenait l'aspect d'un taillis à courte rotation, confirmée par les faibles calibres des bois en anthracologie, dans lequel les arbres peu âgés n'arrivaient pas à maturité sexuelle et ne produisaient donc pas de pollens. En revanche, la palynologie décrit de façon nette le développement des landes basses dans la strate inférieure de la végétation, signe d'une dégradation du système suite à sa forte exploitation. L'observation de cette différence entre paysage végétal et paysage pollinique n'aurait pas pu être mise en évidence à la seule lumière des données palynologiques. Sa présence soulève deux interrogations.

La première concerne le paysage enregistré pour la période médiévale à Paimpont. En effet, pour le bas Moyen Âge, les diagrammes polliniques enregistrent une forte diminution de la forêt. Dans le même temps, les données archéologiques et anthracologiques attestent d'une forte consommation en bois pour le fonctionnement des ateliers sidérurgiques, comme cela est le cas pendant l'activité des Forges, même si l'ampleur de la consommation est un peu moindre. Les données historiques viennent également renforcer ce sentiment de similitude dans les enregistrements, sans toutefois pouvoir confirmer le phénomène. En effet, la présence d'habitants dans la forêt au XVème siècle atteste de clairières de défrichement mais ne permet de définir avec précision les limites de leur extension. Aussi, dans l'état actuel des données disponibles il est impossible d'écarter l'hypothèse selon laquelle le reboisement observé correspond à un abandon de terres cultivées et ainsi confirmer un défaut d'enregistrement du paysage forestier par la palynologie.

La seconde interrogation posée par cette divergence concerne l'approche palynologique et les moyens dont elle dispose pour vérifier ses propres hypothèses de travail.

En effet, M. Reille explique clairement que pour fonctionner, l’approche pollinique repose sur trois hypothèses (Reille 1992) :

1) la pluie pollinique représente fidèlement la végétation,

2) le dépôt et la conservation des spores et des pollens ne modifient pas l'image de la pluie pollinique,

3) le prélèvement des échantillons, l'extraction, le comptage et la détermination des spores et des pollens restituent fidèlement l'image de la pluie pollinique.

Si des moyens existent pour tester la validité des postulats 2 et 3 (état de préservation des pollens, diversité taxonomique, évaluation de l’analyste…), il n’en est rien pour le premier. Il convient ainsi de s’interroger sur les méthodes qui peuvent être mises en place pour sa validation. Leur développement devient même un besoin dans le cas où la différence entre paysage végétal et paysage pollinique peut être prouvée pour les périodes dépourvues de données cartographiques fiables et ce d’autant plus que les données polliniques servent à nourrir des modèles de reconstitutions paysagères et climatiques.

Références bibliographiques

Andersen, S.T., 1979. Identification of wild grass and cereal pollen. *AArbog-Danmarks geologiske undersogelse*, p.69.

Andrieux, J. et al., 1993. Fouille d'un bas fourneau et de ses structures annexes à l'étang du Perray, en Plélan-le-Grand (Ille-et-Vilaine). *Revue Archéologique de l'Ouest*, 10, p.101-114.

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: Université de Nantes, Groupe d'étude des milieux naturels. 283 p.

Barbier, D., Burnouf, J. & Visset, L., 2001. Les diagrammes société/ végétation: Un outil de dialogue interdisciplinaire pour la compréhension des interactions homme/milieux. *Quaternaire(Paris)*, 12(1-2), p.103–108.

Barbier, D. & Visset, L., 2000. La vallée de l'Erve en Mayenne (massif Armoricain, France) at-elle joué le rôle de station refuge au cours du dernier épisode glaciaire (Weichsélien)?: *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 323(5), p.469–476.

Behre, K., 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores*, 23, p.225–245.

Belhoste J.-F. 1992. « Conséquences de l’essor sidérurgique sur les usages forestiers et les pratiques agraires: XVIe-XVIIIe siècles ». Études rurales (125/126) (janvier 1): 81-98.

Bellevue, X.F., 1913. *Paimpont:*, H. Champion, Paris. 278 p.

Bernard, J., 1996. *Paléoenvironnement du Pays-de-Retz et du marais Breton-Vendéen*. Thèse de l’Université de Nantes. 190p.

Beuchet L. & Hurtin S., 1993. *La Motte Salomon à Plélan.* Rapport de diagnostique archéologique. SRA Bretagne. Non publié.

Beug H. J., 2004: Leitfaden der Pollenbestimmung fur Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Göttingen. 542 p.

Blin O. 1993. "La villa gallo-romaine de la Démardais", p. 42-53, in *Rennes-Saint-Malo et Rennes-Lorient,* Archéologie et grands travaux routiers, D.R.A.C et S.R.A. de Bretagne, 63 p.

Bonhôte, J. 1997. Forges et Forêts dans les Pyrénées Ariègeoises - Pour une histoire de l'environnement. Collection Universatim, F-31160 Aspet, PyréGraph éditions. 320 p.

Borderie, A.L.M de La., 1861. *Annuaire historique et archéologique de la Bretagne*, Ganche, Rennes, 248 p.

Borderie, A.L.M de La. 1896. *Histoire de Bretagne*. Vol. 1. 6 vol. Rennes: J. Plihon et L. Hommay. 589p.

Bouby, L., 2002. Le chanvre (Cannabis sativa L.): une plante cultivée ą la fin de l'āge du Fer en France du Sud-Ouest?: *Comptes Rendus Palevol*, 1(2), p.89–95.

Bouchon, J. & Trencia, J., 1990. Sylviculture et production du chêne. *Revue Forestière Française, 1990, 2, fascicule thématique" Chêne sessile, Chêne pédonculé et Chêne rouge d'Amérique en forêt française".*

Boujot, C. & Cassen, S., 1992. Le développement des premières architectures funéraires monumentales en France occidentale. *Revue Archéologique de l'Ouest. Supplément*, (5), p.195–211.

Briard J. et Bourhis, J. R., 1973. « Les dépôts de l'Age du Bronze de Gaël (Ille-et-Vilaine) ». *Annales de Bretagne* 80 (1): 21-33.

Braadbaart, F. & Poole, I., 2008. Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science*, 35(9), p.2434–2445.

Briard, J., 1989. *Mégalithes de haute Bretagne : les monuments de la forêt de Brocéliande et du Ploërmelais : structures, mobilier et environnement*, Paris: Ed. de la Maison des sciences de l'homme. 128 p.

Bronk Ramsey, C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), p.337–360.

Brun, C., 2007. *Archéophytes et néophytes. Pour une nouvelle détermination des marqueurs polliniques de l'anthropisation. Le cas des milieux cultivés et rudéraux de Franche-Comté*. Thèse de l'Université de Franche-Comté. 421 p.

Brun P. et Ruby P., 2008. *L'âge du Fer en France*. Editions de La Découverte, « Collection archéologique de France », 178 p.

Calvez M., 2002. Les lieux comme mémoire des représentations collectives, in *La mémoire collective. Identité et représentations sociales*, Stéphane Laurens. p. 213-221.

Carozza, L. et Marcigny C., 2007. *L'âge du bronze en France*. Editions de La Découverte, « Collection archéologique de France », 156 p.

Cassen, S. et al., 1998. L'habitat Villeneuve-Saint-Germain du Haut-Mée (Saint-Étienne-en-Coglès, Ille-et-Vilaine). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 95(1), p.41–76.

Chédeville, A. & Guillotel H., 1984, *La Bretagne des saints et des rois: Ve-Xe siècle*, Rennes: Editions Ouest-France. 423 p.

Chédeville A. & Tonnerre N.-Y., 1987. *La Bretagne féodale, XIe-XIIIe siècle*. Ouest-France université. Rennes: Ouest-France. 426 p.

Chelhod J., 1954. Le monde Mythique arabe. *Journal de la Société des Africanistes*, 24(1) : 49-61.

Chester, P.I. & Raine, J.I., 2001. Pollen and spore keys for Quaternary deposits in the northern Pindos Mountains, Greece. *Grana*, 40(6), p.299–387.

Colliou C., 2010. Expérimentation de réduction au Vieil-Evreux (Eur). Bulletin annuel de la SAFEMM.

Constans, L.A., Ozanam, A.M. & Goeury, J.C., 1926. *Guerre des gaules*, les Belles lettres.

Corillion, R., 1971. *Notice détaillée des feuilles armoricaines : phytogéographie et végétation du Massif armoricain*, Paris: éditions du CNRS, Paris V, 197 p.

Corson, A.G. (de), 1880. Pouillé historique de l'archevêché de Rennes.

Cour, P., 1974. Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques: étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et spores*, 16(1), p.103–141.

Cushing, E.J., 1963. *Late-Wisconsin pollen stratigraphy in East-Central Minnesota*. University of Minnesota.

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: Université de Nantes, Groupe d'études des milieux naturels. 183p.

De Beaulieu, J.L., Pons, A. & Reille, M., 1985. Recherches pollenanalytiques sur l'histoire tardiglaciaire et holocene de la végétation des Monts d'Aubrac (Massif Central, France). *Review of palaeobotany and palynology*, 44(1-2), p.37–55.

Decombeix, P.M. et al., 2000. Réflexions sur l'organisation de la production du fer à l'époque romaine dans le bassin supérieur de la Dure, au voisinage des Martys (Aude). *Gallia*, 57(1), p.23–36.

Delcourt, A., Mullenders, W. & Piérard, P., 1959. La préparation des spores et des grains de pollens, actuels et fossiles. *Les Naturalistes Belges*, 40, p.91–120.

Denis M., 1957. *Grandeur et décadence d'une forêt : Paimpont du XVIe au XIXe siècle, Annales de Bretagne*, n° 64, 3, p 257–273.

Diderot, D., 1757. *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers....*

Diot, M.F., 2002. Étude palynologique des dolmens de Bois Neuf III, à Marsac (Creuse) et Bagnol à Fromental (Haute-Vienne). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 99(1), p.91–103.

Dornic, F., 1984. *Le Fer contre la forêt*, Rennes: Ouest-France. 255 p.

Duval J. F., 1998. *Occupation et mise en valeur du sol dans la région de Plélan-le-Grand au Moyen Âge*, Mémoire de maîtrise, Rennes 2.

Elhai, H., 1959. Analyse pollinique de deux tourbières . *Pollen et spores*, 1, p.59-76.

Elhai, H., 1960. La tourbière de Gathémo (Manche-Normandie). *Pollen et Spores*, 2(2), p.263-274.

Erdtman, G., 1954. An introduction to pollen analysis. *Chronica Botánica Co., Waltham, Mass., USA*. 239 p.

Estourbeillon de l', M., 1894. Les revenus de la forêt de Brocéliande. *Bulletin de la Société Polymathique du Morbihan*, p.6-22.

Fabre, L., 1996. *Le charbonnage historique de la chênaie à Quercus ilex L.(Languedoc, France): conséquences écologiques*. Thèse de Doctorat de Sciences, Université de Montpellier II. 164 p.

Faegri, K. & Iversen, J., 1989. *Textbook of pollen analysis. IV edition by K. Faegri, PE Kaland & K. Krzywinski*, Wiley, Chichester.

Fagerlind, F., 1952. The real signification of pollen diagrams. *Botaniska Notiser*, 105, p.185-224.

Fouchier, D. 1983. « Le déclin social du forgeron diallonké au Sénégal oriental ». Journal des africanistes 53 (1): 185-196.

Fouquet A., 1854. *Guide des touristes et des archéologues dans le Morbihan*. Cauderan. 149p.

Gale, R. & Cutler, D.F., 2000. *Plants in archaeology: identification manual of vegetative plant manterials used in Europe and the southern Mediterranean to c. 1500*, Westbury and Royal Botanic Gardens, Kew.

Galliou P., 1991. *La Bretagne romaine: de l'Armorique à la Bretagne*, Paris, Éditions J.-P. Gisserot, 127 p.

Gaudin, L., 2004. *Les transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la derniere glaciation. Reconstitutions paléo-paysageres*. Thèse Doctorat, Université de Rennes 1, 763 p.

Gautier, Maurice. 1999. « Recherches aériennes autour de la légendaire forêt de Brocéliande (France) ». *Revue archéologique de Picardie* 17 (1): 351-358.

Gauthier, E., 2000. Mise en évidence pollinique de la culture de la vigne au Ier siecle après J.-C. dans la plaine du Doubs (Neublans, Jura. *Revue d'archéométrie*, (24), p.63–69.

Georges-Leroy, M., J. Bock, E. Dambrine, et J.L. Dupouey. 2010. « Le massif forestier, objet pertinent pour la recherche archéologique. L'exemple du massif forestier de Haye (Meurthe-et-Moselle) ». *Revue Géographique de l'Est* 49 (2-3). [en ligne]

Giot P.-R., Briard J., Pape L., 1995. *Protohistoire de la Bretagne.* Rennes, Ouest-France Université, 1995, 423 p.

Giot, P., L'Helgouach, J. & Monnier, J., 1998. *Préhistoire de la Bretagne*, Rennes: Éd. "Ouest-France, 588 p.

Giot P.-R., Guigon P. et Merdrignac B., 2003. *Les premiers Bretons d'Armorique*. Archéologie et culture, Rennes: Presses universitaires de Rennes. 246 p.

Girard, M., 2006. La sépulture collective néolithique de La Chaussée-Tirancourt (Somme). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 103(1), p.133-142.

Girard M. et J. Renault-Miskovsky J., 1969. Nouvelles techniques de préparation en palynologie appliquées a trois sédiments du Quaternaire final de l'Abri Cornille (Istres-Bouches-du-Rhone). *Bull. A.F.E.Q.*, **4** , p. 275–284.

Girault, N., 2009. Premiers sondages sur le ferrier médiéval de Péronnette (Paimpont, 35), in *Métallurgie médiévale et forêt en prélude aux Grandes Forges de paimpont (Ille-et-Vilaine).* Les Dossiers du Centre Régional d'Archéologie d'Alet, N°AF : 105-122.

Goeury, C., 1997. GPalWin: gestion, traitement et représentation des données de la paléoécologie. In: *Actes du XVe symposium de l'APLF*, p. 31.

Girault, N., 2005. *Paléométallurgie en forêt de Paimpont : le site de Trécélien*. Mémoire de DEA, sous la direction de P. Benoît. Paris: Université de Paris 1.

Gouletquer, P. et al., 1996. Ou sont passés les Mésolithiques côtiers bretons: Bilan 1985-1995 des prospections de surface dans le Finistère= Where are the Breton costal Mesolithic sites: Archaeological survey report 1985-1995 in the Finistère department. *Revue archéologique de l'Ouest*, (13), p.5–30.

Gouletquer, P. et al., 1994. Approche géographique du Mésolithique de la Bretagne. *Le tardiglaciaire en Europe du nord-ouest. Actes du 119ème congrès national des Sociétés historiques et scientifiques, Amiens*, p.279–292.

Gouletquer, P. & Leopold, P., 1991. Etat provisoire d'une prospection de longue durée: le site mésolithique de Quillien (Le Cloître St-Thégonnec, Finistère). *Revue archéologique de l'Ouest*, (8), p.61–82.

Gras M.-C., 2007. *« L'alliance de l'eau, du fer et du bois: la proto-industrie bas-normande XV° XX° siècle »*. Forêt et eau: XIIIe-XXIe siècle: 249.

Grosser D., 1977 - Die Hölzer Mitteleuropas: ein mikrophotographischer Lehratlas. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 208 p.

Guenet, P. & Reille M., 1988. Analyse pollinique du lac-tourbière de Chambedaze (Massif-Central, France) et datation de l'explosion des plus jeunes volcans d'Auvergne. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 25(4), p.175–194.

Guérisse P., 1994. Sites sidérurgiques anciens du Massif de Paimpont, mémoire de maîtrise, université Rennes II,229p..

Guilmault, C. 2007. « Le Bourg de Paimpont□: Evolution de l'espace au XIXe siècle ». Bulletin de la Société archéologique et historique d'Ille-et-Vilaine 111: 123-129.

Hedberg, H., 1976. *International stratigraphic guide*, Wiley Chichester.

Heim J., 1970. Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale. Thèse de l'Université de Louvain.

Herbaut C., 2009. Aperçu des sources écrites concernant les forges de la forêt de « Brécélien », in *Métallurgie médiévale et forêt en prélude aux Grandes Forges de Paimpont (Ille-et-Vilaine).* J.-B. Vivet (dir.). Les Dossier du Centre Régional D'Archéologie d'Alet, n° AF, p. 17-22.

Hess, R., 2004. «La méthode d'Henri Lefebvre». *Multitudes.net*

Heusch, L. (de), 1956. « Le symbolisme du forgeron en Afrique ». Reflets du monde, 10 : 57-70.

Hicks, S. 2006. « When no pollen does not mean no trees ». Vegetation history and Archaeobotany 15 (4): 253–261.

Holden, A. J., 1970. *Wace, Roman de Rou.* Paris.

Imbert, H., 1867. Mémoire de Marie de la Tour d'Auvergne, duchesse de La Trémoille (1661). *Mémoire de la Société des Antiquaires de l'Ouest*, XXXII, p.89-129.

Jacquet G., 2003. La Forêt en Val de Loire aux périodes préindustrielles : histoire, morphologie, archéologie, dendrologie. Thèse Doctorat, Université François Rabelais (Tours).

Jauretche, G.L., 1957. Les Industries de Roc'h-Toul et de Parc-ar-Plenen en Guiclan (Finistère). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 54(7), p.422-438.

Johnsen, S.J. et al., 1995. Greenland palaeotemperatures derived from GRIP bore hole temperature and ice core isotope profiles. *Tellus B*, 47(5), p.624-629.

Joly, C., 2006. *Histoire de la végétation dans l'espace centre-ouest atlantique (France). Relations sociétés/végétation et évolution du trait de côte depuis le Mésolithique récent/final*. Thèse de doctorat. Université de Nantes. 243 p.

Joly, C. et al., 2007. Grain and annulus diameter as criteria for distinguishing pollen grains of cereals from wild grasses. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 146(1-4), p.221–233.

Joly, D. 2008. Étude de la gestion du combustible osseux et végétal dans les stratégies adaptatives des chasseurs-cueilleurs et des groupes agro-pastoraux d'Argentine durant l'Holocène. Thèse de l'Université de Rennes 1. 592 p.

Jones, R., Keen, D. & Birnie, J., 1990. Past landscapes of Jersey Environmental changes during the last ten thousand years. 144p.

Jones, R., O'Brien, C. & Coope, G., 2004. Palaeoenvironmental reconstruction of the Younger Dryas in Jersey, UK Channel Islands, based on plant and insect fossils. *Proceedings of the Geologists' Association*, 115(1), p.43-53.

Kayser, O., 1984. Autour du Mésolithique en Bretagne. *Revue archéologique de l'Ouest*, (1), p.7–13.

Larcher, G., 1986. *Les charbonniers à Paimpont : contribution à l'histoire d'une commune*, Rennes, Association des amis du moulin du Châtenay. 64p.

Larcher, G., 1991. *Sites métallurgiques de la région de Paimpont ; Couesdouan en Plélan-le-Grand*, rapport de fouille programmée, SRA Bretagne.

Larcher, G., 1992. *Sites métallurgiques de la région de Paimpont ; Couesdouan en Plélan-le-Grand*, rapport de fouille programmée, SRA Bretagne.

Le Carlier C., 2011. La sidérurgie ancienne en Bretagne - Recherche des ateliers de production - Filiation minerais / objets, Revue de la Société d'Archéologie et d'Histoire du Pays de Lorient, n° 39, p. 7-38.

Le Claire (Abbé), 1928. Au pays de Tréhorenteuc. Découverte de ruines gallo-romaines et. Chré tiennes. *Association bretonne*. Archéologie. Agriculture, comptes rendus, p. 61-73.

Lecerf, Y., 1999. *Les Pierres Droites : réflexions autour des menhirs*, Documents archéologiques de l'Ouest, Association pour la diffusion des recherches archéologiques dans l'Ouest de la France, Rennes, 335 p.

Lechevalier, C., 1986. Données récentes sur l'environnement postglaciaire et l'occupation néolithique dans la partie occidentale des collines de Normandie. *Revue Archéologique de l'Ouest*, Supplément(1), p.285-290.

Le Goffic C. 1932. *Brocéliande*. Paris, La Renaissance du Livre. 254 p.

Lenoir, M., 1958. Les ceintures de végétation vasculaire des étangs de la région de Paimpont (lle-et-Vilaine). *Bull. soc. sc. Bretagne*, 33, p.97-133.

Leroi-Gourhan, A., 1969. Pollen grains of Gramineae and Cerealia from Shanidar and Zawi Chemi. *In P.J. Ucko & G.W. Dimbley (eds.), The Domestication and Exploitation of Plants and Animals.*, p.143-148.

Leroyer, C., 1985. De l'intérêt de différentes études botaniques sur un gisement archéologique: une démarche interdisciplinaire in Dossier Archéobotanique . 2 partie: conséquences et implications. *les Nouvelles de l'Archéologie*, 19(printemps 85), p.8-12.

Leroyer, C., 1997. *Homme, climat, végétation au tardi- et postglaciaire dans le Bassin parisien : apports de l'étude palynologique des fonds de vallée*, thèse de l'Université de Paris I, 2 vol.

Létourneau, A., 2010. La transdisciplinarité considérée en général et en sciences de l'environnement. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, (Volume 8 Numéro 2). [en ligne]

Levainville J. R., 1922. L'industrie du fer en France. A. Colin. 211 p.

Lézine A.-M. 1987. Paléoenvironnements végétaux d'Afrique Nord-Tropicale depuis 12000 B.P. : analyse pollinique de séries sédimentaires continentales (Sénégal-Mauritanie). Thèse doctorat. Université d'Aix-Marseille II. 207 p.

Lieutaghi, P., 2004. Le livre des arbres, arbustes & arbrisseaux. Actes Sud. 1322 p.

Limondin-Lozouet, N., Gauthier, A. & Preece, R., 2005. Enregistrement des biocénoses de la première moitié de l'Holocène en contexte tufacé à Saint-Germain-le-Vasson (Calvados). *Quaternaire. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, (vol. 16/4), p.255–271.

Lobineau, Guy-Alexis. 1707. Histoire de Bretagne. François Muguet.

Mangin M. (Dir.), 2004. *Le fer*. Errance, Paris. Collection « Archéologiques ». 242 p.

Magny, M. & Schoellammer, P., 1999. Lake-Level fluctuations at Le Locle, Swiss Jura, from the Younger Dryas to the mid-Holocene: A high-resolution record of climate oscillations during the final glaciation. *Géographie physique et Quaternaire*, 53(2), p.183–198.

Mangerud, J. et al., 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas*, 3(3), p.109–126.

Magne B., 1982. *Recherches de données historiques sur l´évolution économique du massif de Paimpont*. Mémoire de Maîtrise, U.E.R., sciences de la vie et du comportement, Rennes I.

Manneville, O., Vergne, V. & Villepoux, O., 1999. Le monde des tourbières et des marais. *France, Suisse, Belgique et Luxembourg. Coll. Bibliothèque du naturaliste, Delachaux & Niestlé, Lausanne-Paris*, 320 p.

Marambat, L. & Roussot-Larroque, J., 1989. Paysage végétal et occupations humaines sur la côte atlantique: l'exemple de la Lède du Gurp. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 26(2), p.73–89.

Marguerie D., 1990. *Etude anthracologique du site paléométallurgique de Couédouan (plélan-le-Grand, Ille-et-Vilaine).* Inédit

Marguerie, D., 1992. *Evolution de la végétation sous l'impact humain en Armorique du Néolithique aux périodes historiques*, Université de Rennes 1. 313p.

Marguerie D. 2009. Interactions sociétés-milieux dans le nord-ouest de la France à l'Holocène récent : méthodologie et données archéobotaniques. H.D.R. Université de Rennes 1. 395 p.

Marguerie D *et al.*, 2003.- Bocages armoricains et sociétés, genèse, évolution, interaction, *in*: T. Muxart, F.D. Vivien, B. Villalba and J. Burnouf (eds.), *Des milieux et des hommes: fragments d'histoires croisées*, Paris, Editions Elsevier: 115-131.

Marguerie, D. & Hunot, J.Y., 2007. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France. *Journal of Archaeological Science*, 34(9), p.1417–1433.

Marguerie D., Langouët L., 1993 - Le déclin des activités agricoles au Bas Empire en Armorique, corrélation des données palynologiques et archéologiques. *Les Dossiers du Ce.R.A.A.*, 21, 109-113.

Marguerie, D. & Marcoux, N., 2000. *Etude palynologique, La tourbière de Langazel.*, UMR 6566.

Marinval, P., 2008. Les premières agricultures et l'alimentation végétale. Dans *Le Néolithique (dir. J. Tarrête & C.-T. Leroux)*. Archéologie de la France. Paris, p. 76-83.

Matterne V. 2003. « Agriculture et alimentation végétale de l'âge du Fer à l'époque gallo-romaine (France du Nord) ». *Enquêtes rurales*: 9. p. 31-54.

McParland, L.C. et al., 2010. Is vitrification in charcoal a result of high temperature burning of wood? *Journal of Archaeological Science*, 37(10) : 2679-2687.

Métailié, J.P. 1992. Protoindustries et histoire des forêts: acte du colloque tenu à la Maison de la forêt, Loubières, Ariège, les 10-13 octobre 1990. Vol. 3. Groupement de recherche ISARD, Université de Toulouse-Le Mirail.

Miras, Y. et al., 2004. Multi-disciplinary approach to changes in agro-pastoral activities since the Sub-Boreal in the surroundings of the "narse d'Espinasse" (Puy de Dme, French Massif Central). *Vegetation History and Archaeobotany*, 13(2) : 91-103.

Monteil M., 2007. Les agglomérations secondaires gallo-romaines de Bretagne et Pays de la Loire : un programme collectif de recherche, *Aremorica*, 1, 2007, Brest : Centre de recherche bretonne et celtique, Université de Bretagne occidentale : p. 73-83.

Morzadec-Kerfourn, M., 1974. *Variations de la ligne de rivage armoricaine au Quaternaire : analyses polliniques de dépôts organiques littoraux*. Thèse. Université de Rennes, Institut de géologie. 208p.

Munault, A., 1967. Recherches paléo-écologiques en Basse et Moyenne Belgique. *Acta Geographica Lovaniensia*, 6, p.191.

Oillic J.-C., 2007. *Approche paléoenvironnementale du site de Trécélien (Paimpont, Ille-et-Vilaine) : premiers éléments d'étude des relations sociétés/végétation sur le massif forestier de Paimpont au cours des derniers millénaires.* Mémoire de Master 2, Université de Paris 1, 76p.

Oillic J.-C., 2008. *Rapport de Prospection inventaire sur le Massif Forestier de Paimpont. Campagne 2010*, Rennes: SRA Bretagne.

Oillic J.-C., 2009. *Rapport de Prospection inventaire sur le Massif Forestier de Paimpont. Campagne 2010*, Rennes: SRA Bretagne.

Oillic, J.-C. 2010. « Fer et forêt en Bretagne: le massif de Paimpont du XVIIe au XXe siècle. » Actes des XXXe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes : 333-349

Oillic J.-C. et al., 2009.Approche paléoenvironnementale du site de Trécélien, in *Métallurgie médiévale et forêt en prélude aux Grandes Forges de paimpont (Ille-et-Vilaine)*. Les Dossiers du Centre Régional d'Archéologie d'Alet, N°AF : 191-204.

Oillic, J.-C., 2010. *Rapport de Prospection inventaire sur le Massif Forestier de Paimpont. Campagne 2010*, Rennes: SRA Bretagne.

Oillic, J.-C., 2011. *Sondage archéologique sur le site de la Buttes des Vaux (Paimpont, 35),* en cours de rédaction.

Oldfield, F., 1964. Late-Quaternary deposits at le Moura, Biarritz, south-west France. *New Phytologist*, 63(3), p.374–409.

Orhan, J.. 2004. *Au coeur du pays de Guer: autour du prieuré de Saint-Etienne*. Keltia Graphic. 119 p.

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: Université de Nantes, Groupe d'études des milieux naturels. 121p.

Pape, L., 1995. *La Bretagne romaine*, Rennes: Éd. Ouest-France. 258 p.

Paradis S., 2007. Etude dendro-anthracologique : une approche méthodologique pour l'étude du calibre des bois ; application sur des charbonnières médiévales du Mont Lozère (France, 48). Mémoire de Master 2 Archéosciences Dijon.

Pastre, J. et al., 1997. L'évolution tardi et postglaciaire des lits fluviaux au nord-est de Paris (France). Relations avec les données paléoenvironnementales et l'impact anthropique sur les versants. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 3(4), p.291-312.

Pelletier, M., 1990. *La Carte de Cassini: l'extraordinaire aventure de la carte de France*, Presses de l'Ecole nationale des ponts et chaussées.

Penalba, C., 1994. The History of the Holocene Vegetation in Northern Spain from Pollen Analysis. *Journal of Ecology*, 82(4), p.815-832.

Penalba C., 1989. *Dynamique de végétation tardiglaciaire et holocène du Centre-Nord de l'Espagne d'après l'analyse pollinique*. Thèse Univ. Aix-Marseille III. 165p.

Péquart, M. et Péquart, S.J., 1937. *Téviec: station-nécropole mésolithique du Morbihan*, Masson, 228 p.

Petit, M., 1970. Sépultures du Bas Empire à Guer (Morbihan). *Annales de Bretagne*, 77(1), p.273-278.

Pichot, D., 2003. Communauté et territoire villageois dans l'ouest de la France. *Cahiers de recherches médiévales et humanistes*, (10), p.9-28.

Plaine, J., 1991. Géologie du massif de Paimpont. *Glânes en Pays pourpré*, 28, p.4-7.

Planchais, N., 1971. *Histoire de la végétation post-würmienne des plaines du bassin de la Loire, d'après l'analyse pollinique*. Thèse de l'Université de Montpellier 2. 115 p.

Poignand J., 1820. *Antiquités historiques et monumentales à visiter de Montfort à Corseul, par Dinan, et au retour, par Jugon, avec addition des antiquités de Saint-Malo et de Dol, étymologies et anecdotes relatives à chaque objet*. Rennes: Duchesne. 178 p.

Poisson H. et Le Mat J.-P., 2000. *Histoire de Bretagne*, Coop Breizh, 654 p.

Ponel, P. & Russell Coope, G., 1990. Lateglacial and Early Flandrian Coleoptera from La Taphanel, Massif Central, France: Climatic and Ecological Implications. *Journal of Quaternary Science*, 5(3), p.235–249.

Prior, J. & Alvin, K.L., 1983. Structural changes on charring woods of Dichrostachys and Salix from southern Africa. *International Association of Wood Anatomists Bulletin*, 4(4), p.197–206.

Puertas, O., 1997. Evolution de la végétation depuis le Dryas récent dans la plaine littorale de Montpellier (Hérault, France) à partir de l'analyse pollinique. Dynamique naturelle et anthropisation du milieu. Thèse de doctorat. Besençon: Université de Franche-Comté. 337 p.

Punt, W. & Clarke, G., 1984. *Northwest european Pollen Flora*, Amsterdam: Elsevier.

Puton, A., 1879. *Coutume de Brécilien. Titres, jugements et arrêts concernant les usages de Paimpont et Saint-Péran, recueillis et publiés par A. Puton*, Impr. de E. Réau.

Quartier A & Bauer-Bovet P., 1973. *Guide des arbres et arbustes d'Europe***,** Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 259 p.

Rameau, J.C., Mansion, D. & Dumé, G., 1989. *Flore forestière française: Plaines et collines*, Forêt privée française. 1785p.

Raven, P.H. et al., 2003. *Biologie végétale*, De Boeck Université.

Reault, S., 1989. Les espaces de Brécilien: Nature, culture et longue durée. Dans *Du folklore à l'ethnologie en Bretagne: 1er Colloque d'ethnologie bretonne, Riec-sur-Bélon, 27-29 octobre 1988*.

Reille, M., 1990. *Leçons de palynologie et d'analyse pollinique*, 206 p.

Reille, M., 1992. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du. *Du Nord Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille, France*, 543 p.

Reille, M., 1995. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Supplement 1. *Marseille: Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie* 274p.

Reille, M., 1998. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord : supplément 2*, Marseille: Laboratoire de botanique historique et palynologie. 521 p.

Reinbold A., 2010. *Le paysage en forêt de Rennes. Eaux, forêts et incultes.* Mémoire de Master 2. Université de Rennes 2.120 p

Resweber, J., 2000. *Le pari de la transdisciplinarité: vers l'intégration des savoirs*, Editions L'Harmattan, 138 p.

Rochel, X., 2009. « Vers une approche culturelle du patrimoine forestier : le modèle britannique ». Éd par. Simon Edelblutte. Revue Géographique de l'Est 48 (1-2).

Roussel, F., 1977. *Les sols et la végétation de la Basse-forêt de Paimpont : étude et cartographie*. Mémoire. Rennes: Université de Rennes 1. 123 p.

Roux, I., 1967. Videlles (Essonne). Analyse palynologique. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 64(2), p.425–438.

Roux L., 1987. *Les forges de Paimpont ; monographie d'un établissement métallurgique rural en Bretagne aux XVIIIe et XIXe siècles*. Mémoire de Maîtrise d'histoire, Université de Haute-Bretagne, Rennes II.

Sarreste, F., 2008. *La sidérurgie ancienne dans le Bas Maine (VIIIe s. av. J.C. - XVe s. ap. J.C.)*. Thèse. Tours: Université de Tours. 834p.

Scheel-Ybert, R., 1998. *Stabilité de l'écosystème sur le littoral sud-est du Brésil à l'Holocène supérieur (5500-1400 ans BP)*. Thèse de Montpellier 2. 510 p.

Schweingruber, F.H., 1990. *Microscopic wood anatomy*, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research Geneva.

Schweingruber, F.H., 1982. *Microscopic wood anatomy*. Kommissionsverlag., Switzerland: Teufen.

Seagrief, S.C., 1960. Pollen diagrams from southern England : Crane Moor, Hampshire. *New Phytologist*, 59(1), p.73–83.

Serneels, V., 1994. *L'apport des analyses chimiques de minerais, scories et produits associés à l'étude de la sidérurgie ancienne*, Actes du colloque de Besancon.

S.F.d.F.-C.P E., 2002. *Vade-mecum du forestier*. Société Forestière de Franche-Comté et des Provinces de l’Est. 450 p.

Talon, B., 1997. Evolution des zones supra-forestières des Alpes sud-occidentales françaises au cours de l'holocène. Analyse pédoanthracologique. Thèse de l’Université d’Aix-Marseille 3. 199 p.

Tanguy, B. et al., 2002. *Atlas d'histoire de Bretagne*, Skol Vreizh. 172 p.

Théry-Parisot, I., 2001. *Economie des combustibles au paléolithique: expérimentation, taphonomie, anthracologie*, CNRS. 195 p.

Thinon, M., 1992. *L'analyse pédoanthracologique: aspects méthodologiques et applications*, Thèse de l'Université d'Aix-Marseille 3. 310 p.

Thomas, E., Outin J.-M., Carn A., Rivière J., et Blanchet S., 1999. Notice explicative, Carte géologique de France, feuille Montfort-sur-Meu (316). Orléans : BRGM, 63 p.

Touffet, J., 1970. Aperçu sur la végétation de Paimpont. *Bot. Rhedo.*, (8), p.29-64.

Tressan L. E. (comte de), 1822. *Oeuvres du comte de Tressan: précdées d'une notice sur sa vie et ses ouvrages*.

Trochu, J.L., 1820. *Du défrichement et de la plantation des landes et bruyères*, Paris. 50 p.

Van Zeist, W., 1964. A palaeobotanical study of some bogs in western Brittany (Finistère), France. *Palaeohistoria*, 10, p.157–180.

Vernet, J.L. et al., 2001. Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents. 395 p.

Visset, L., 1979. *Recherches palynologiques sur la végétation pléistocène et holocène de quelques sites du district phytogéographique de Basse-Loire*. Société des sciences naturelles de l'Ouest de la France. 282p.

Visset, L. et al., 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), p.51–58.

Visset, L. & Hauray, G., 1980. Palynologie: une technique de sondage pour les sédiments meubles. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France, nouvelle série*, 2, p.129–138.

Visset, L. & Hauray, G., 1988. The mechanized'Gik'corer: seven years of use and improvement. *Boreas*, 17(3), p.329–331.

Vivet J.-B. 2002. *Trécélien en Paimpont (35) : métallurgie de réduction directe du minerai de fer en forêt de Brécilien, au XIV-XVIème siècles*. Rapport n°1 de prospection thématique. SRA Bretagne. Rennes. 44 p.

Vivet J.-B. 2003. *Trécélien en Paimpont (35) : métallurgie de réduction directe du minerai de fer en forêt de Brécilien, au XIV-XVIème siècles*. Rapport de prospection thématique. SRA Bretagne. Rennes. 63 p.

Vivet J.-B. 2004. *Paléosidérurgie diachronique du Massif de Paimpont (35) – Le Vert Pignon III : découverte de fours métallurgiques en activité autour du XVème siècle*. Rapport de fouille archéologique. SRA Bretagne. Rennes. 41 p.

Vivet J.-B. 2005. *Le Vert Pignon III en Paimpont (35) : témoin inédit de l'activité de réduction directe autour du XVème siècle au cœur d'un ferrier*. Rapport de fouille archéologique. SRA Bretagne. Rennes. 68 p.

Vivet J.-B. 2006. *Le Bois Jacob en Paimpont (35) : activité minière et réduction directe à partir du Ier âge du Fer / Les Glyorels I et II en Paimpont (35) : ateliers et bas-fourneaux du seconde âge du Fer*. Rapport de prospection thématique. SRA Bretagne. 50 p.

Vivet J.-B. 2007a. *Le Bois Jacob en Paimpont (35) : activité minière et métallurgie de réduction directe ; Ier âge du Fer – époque moderne.* Rapport de fouille programmée. SRA Bretagne. 48 p.

Vivet J.-B. 2007b. La production du fer protohistorique en haute Bretagne d'après les résultats des prospections, des fouilles d'ateliers et des analyses archéométriques, in *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal*, actes du XXVIIIème colloque de l'AFEAF, Toulouse 20-23 mai 2004, *Aquitania*, suppl. 14/2, éd. Ausonius, p. 63-84.

Vivet J.-B. 2008. *Le Bois Jacob en Paimpont (35) : activité minière et métallurgie de réduction directe du Ier âge du Fer à l'époque moderne*. Rapport de fouille programmée. SRA Bretagne. 93 p.

Vivet J.-B. 2009a. *Activités minières et métallurgiques du massif de Paimpont (35) ; le site de la Ligne de la Fenderie au Gué à Paimpont (35).* Rapport de prospection thématique et sondage. SRA Bretagne. 45 p.

Vivet J.-B. 2009b. Métallurgie médiévale et forêt en prélude aux Grandes Forges de paimpont (Ille-et-Vilaine). *Les Dossiers du Centre Régional d'Archéologie d'Alet*, N°AF, 221 p.

Vivet J.-B. 2010. *Activités minières et métallurgiques en Haute-Bretagne : La Boissière et Moustache en Paimpont (35).* Rapport de prospection thématique et sondage. SRA Bretagne. 122 p.

Voeltzel, D., 1987. *Recherches pollenanalytiques sur la végétation holocène de la plaine alluviale de l'estuaire de la Loire et des coteaux environnants*, Thèse de l'Université d'Aix-Marseille. 186 p.

Walker, M.J.C., Coope, G.R. & Lowe, J.J., 1993. The Devensian (Weichselian) Late-glacial paleoenvironmente record from Gransmoor, East Yorkshire, England. *Quaternary Science Reviews*, 12(8), p.659-680.

Watts, W.A., 1970. Criteria for identification of late-glacial climatic oscillations with special reference to the Bölling oscillation. Dans *American Quaternary Association, First Meeting, Abstracts*. p. 144–145.

Whittington, C. & Edwards, K.J., 1989. Problems in the interpretation of Cannabaceae pollen in the stratigraphic record. *Pollen et spores*, 31(1-2), p.79–96.

Sources

Archives départementales d'Ille-et-Vilaine

Série C

C 1478 Compte des Forges pour les années 1776 à 1784

C 3935 Commerce à Rennes entre 1782 et 1784

C 4713 Construction du vaisseau la Bretagne

C 1480 Fabrication de pelles par les forges en 1788

C4995 Etat des fers fournis par les Forges (1787 – 1789)

C 5015 Fournitures pour les Forges (1789)

Série F

1 F 1545 Compte de la baronnie de Montfort

1 F 1546 forêt de Brécilien (1418-1708)

Série G

1 G 4061 rentes sur la forêt de Brécilien

1 G 69 Droit d'usage en forêt pour l'Evêque de Saint Malo

Série J

2 J 423 Droits d'usage et utilisation de la forêt dans l'ancienne forêt de Paimpont (B. Massol)

Série L

L 676 Pièces de procédure judiciaire

L 935 Enquête sur les mines et les forges

Série M

5 M 348 Archives des préfectures et sous-préfectures (XIXème s.)

6 M 1002 à 1011 Archives des préfectures et sous-préfectures (XIXème s.)

7 M 380 Pacage en forêt (1807-1907)

Série P

3 P 5438 Cadastre napoléonien de la commune de Paimpont (1823)

Série Q

1Q Vente des biens nationaux

Série S

3 S 146

7 S 230 demandes d'autorisation d'établir une prise d'eau en vue de la construction d'un barrage (1880) et pour l'alimentation d'une machine à vapeur (1892)

10 S 4 Rapport du préfet sur les forges du département (XIXème s.)

10 S 10 Rapport de l'ingénieur des mines (1865)

10 S 14 Rapport du préfet sur les forges du département (1818)

11 S 3

Archives départementales de Loire Atlantique

Série B

B 792 Aveux de l'abbaye de Paimpont

B 1955 Déclaration de la forêt de Brécilien dé pendant de Ploërmel

B 1956 Aveu du domaine de Trécesson

B 1971 Aveu de la Paroisse de Néant

B 1992 Déclaration des seigneuries de Comper

B 1995 Déclaration de la forêt de Brécilien

Archives départementales du Morbihan

Série J

13 J 18 Procès verbal de visite de la forêt de Brécilien (1691)

Archives départementales du Finistère

Série J

1J Carte du Duché de Bretagne en 1650

Archives nationales

Série F

F 14 4360 Plans du projet de rénovation des forges (1832)

Série G

G^7 1344 Revenus de la royauté. Eaux et forêts (1701-1714)

Série N

NN 182 54 Carte géométrique d'Ogée (1768)

Manuscrits

Ms. 22322 Fonds de Blancs manteaux

Ms. 22325 Fonds des Blancs manteaux

Bibliothèque Nationale

Département des cartes et plans

CPL GE DD-2987 (392) Britannia et Normandia cum confinib. Regionibus (1585, G. Mercator)

CPL GE DD-2987 (452) Tabula ducatus britanniae gallis. XVIème siècle

CPL GE DD-2987 (451) Britannia ducatus. Duché de Bretagne. G. Blaeu (1635)

Bibliothèque Nationale

Ms. 1935 Relation de l'abbaye de Paimpont

Archives municipales de Paimpont

Non côtée Carte de la forêt de Brécilien (1727)

Non côtée Procès-verbal visite de la forêt de Brécilien, 18 septembre 1729

SIVU Forge et Métallurgie du fer en Brocéliande

Non côtées Liasses d'archives acquises récemment

Documents numérisés

IGN/Géoportail Carte de Cassini

IGN Géoportail Minutes des cartes d'Etat Mjor (1830-1850)

IGN/Géoportail Photographies aériennes (1925, 1948, 1952, 1960)

Table des illustrations

Figure 1 : carte de localisation du Massif de Paimpont 9
Figure 2 : carte géologique simplifiée du Massif de Paimpont (d'après J.-J. Chauvel in (Girault 2005))..... 11
Figure 3 : Carte topographique du massif de Paimpont (altitude en m NGF) 12
Figure 4 : carte des précipitations annuelles en Bretagne : moyenne sur la période 1997 – 2006 (d'après les données Météo France)..... 13
Figure 5 : carte des températures annuelles en Bretagne : moyenne sur la période 1971 - 2000 (d'après les données Météo France)..... 13
Figure 6 : Carte du réseau hydrographie du massif de Paimpont. (En gris : la forêt actuelle, en noir les cours d'eau et étangs) 14
Figure 7 : Pédoséquences théoriques du massif de Paimpont. a) séquence sur grès. b) séquence sur schiste. (Roussel, 1977) 16
Figure 8 : le sous-secteur phytogéographique armoricain (Corillion 1971) 17
Figure 9 : Carte de répartition des vestiges néolithiques dans la région de Paimpont d'après la carte archéologique de Bretagne 26
Figure 10 : Carte de répartition des vestiges de l'âge du Bronze dans la région de Paimpont d'après la carte archéologique de Bretagne..... 27
Figure 11 : carte de répartition des vestiges attribués à l'Âge du Fer dans la région de Paimpont d'après la carte archéologique de Bretagne 29
Figure 12 : carte de répartition des vestiges gallo-romains dans la région de Paimpont d'après la carte archéologique de Bretagne 31
Figure 13 : carte de répartition des vestiges médiévaux dans la région de Paimpont d'après la carte archéologique de Bretagne 34
Figure 14 : Schéma de la chaîne opératoire sidérurgique (Le Carlier 2011) 36
Figure 15 : Coupe schématique du fonctionnement de bas-fourneau (Leroy & Merluzzo in Mangin 2004) 38
Figure 16 : Haut-fourneau des Forges de Paimpont..... 39
Figure 17 : Bas-fourneau de l'étang du Perray (Andrieux et al. 1993)..... 42
Figure 18 : Carte de localisation des sites de prélèvement palynologique sur le massif de Paimpont..... 47
Figure 19 : schéma d'un carottier de type GIK (d'après Visset & Hauray 1980 ; 1988) 48

Figure 20 : Protocoles d'extraction pollinique utilisés au cours de la thèse 50
Figure 21 : Chronozones de l'Holocène établies par Mangerud et al. (1974) 59
Figure 22 : Carte de localisation du sondage du « *Carrefour du Pas de la Chèvre* »..... 62
Figure 23 : Courbes de variations des concentrations absolues des principaux taxons du site « *le Carrefour du Pas de la Chèvre* » 66
Figure 24 : diagramme pollinique du site « *le Carrefour du Pas de la Chèvre* »..... 67
Figure 25 : diagramme pollinique simplifié du site « *le Carrefour du Pas de la Chèvre* »..... 75
Figure 26 : diagramme Société/Végétation du site « *le Carrefour du Pas de la Chèvre* »..... 76
Figure 27 : Carte de localisation du sondage de Trécélien 82
Figure 28 : Courbes de variations des concentrations absolues des principaux taxons du site de « *Trécélien* »..... 85
Figure 29 : diagramme pollinique du site de « *Trécélien* »..... 90
Figure 30 : diagramme pollinique simplifié du site de « *Trécélien* » 91
Figure 31 : diagramme Société/Végétation du site de « *Trécélien* » 92
Figure 32 : Carte de localisation du sondage des Noës Blanches 97
Figure 33 : Courbes de variations des concentrations absolues des principaux taxons du site des « *Noës Blanches* »..... 100
Figure 34 : diagramme pollinique du site des « *Noës Blanches* »..... 103
Figure 35 : diagramme pollinique simplifié du site des « *Noës Blanches* » 109
Figure 36 : diagramme Société/Végétation du site des « *Noës Blanches* » 110
Figure 37 : carte de localisation du site du *Gué Mony* 115
Figure 38 : Courbes de variations des concentrations absolues des principaux taxons du site du « *Gue Mony* » 119
Figure 39 : diagramme pollinique du site du « *Gué Mony* »..... 121
Figure 40 : diagramme pollinique simplifié du site du « *Gue Mony* »..... 125
Figure 41 : diagramme Société/Végétation du site du « *Gue Mony* »..... 127
Figure 42 : Diagramme de corrélation des phases écologiques des 4 séquences étudiées et critères caractéristiques de chacune des 13 zones régionales définies..... 134
Figure 43 : Histoire de la végétation sur le massif de Paimpont. Schéma d'évolution des principaux ligneux pendant la fin du Tardiglaciaire et l'Holocène..... 142
Figure 44 : Blocs-diagrammes schématiques montrant la structure anatomique du bois, haut) des gymnospermes et bas) des angiospermes (Grosser 1977) 170

Figure 45 : Méthode de mesure du calibre basée sur la trigonométrie dans un triangle isocèle (d'après S. Paradis 2007). A) Schéma explicatif. B) Formule mathématique. C) Application à un charbon 173
Figure 46 : Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques..... 176
Figure 47 : Evolution des fréquences de chaque catégorie de vitrification au cours de l'analyse anthracologique du lot T2 177
Figure 48 : Evolution de la fréquence des charbons non vitrifiés par classe de volume des charbons. Pour chaque classe, la valeur moyenne de l'intervalle a été choisie pour abscisse. 178
Figure 49 : Histogramme des fréquences de chaque classe de vitrification pour les angiospermes et gymnospermes. 178
Figure 50 : Diagramme ternaire de répartition des échantillons anthracologiques en fonction de taux en charbons des catégories 0, 1 et 2 179
Figure 51 : Localisation du site du Bois Jacob 183
Figure 52 : Vitrification des charbons du Bois Jacob par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique 186
Figure 53 : Plan du site de la « *Ligne de la Fenderie au Gué* » (Vivet 2009a) 188
Figure 54 : Répartition des charbons par classe de calibre en cm 189
Figure 55 : Répartition des charbons de bois par classe de valeur moyenne des cernes 190
Figure 56 : Vitrification des charbons de la Ligne de la Fenderie au Gué par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique 192
Figure 57 : Carte de localisation et plan du site des Glyorels III 193
Figure 58 : Répartition des charbons du site des Glyorels III par classe de largeur moyenne de cerne en mm 194
Figure 59 : Vitrification des charbons des Glyorels III par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique 195
Figure 60 : Le site de la Boissière (d'après Vivet 2010) 197
Figure 61 : Répartition des charbons de la Boissière B2 par classe de largeur moyenne de cerne en mm 199
Figure 62 : Vitrification des charbons du bas fourneau de la Boissière B2 par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique 200
Figure 63 : Plan du site du Perray 201
Figure 64 : Vitrification des charbons du site du Perray par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique 203

Figure 65 : Plan du site du Vert Pignon III (Vivet 2009)..... 204
Figure 66 : Vitrification des charbons du Vert Pignon III par rapport au référentiel établi en contexte sidérurgique 207
Figure 67 : Plan du site de Péronnette (Girault 2009)..... 208
Figure 68 : Proportions des calibres dans les échantillons de Péronnette..... 212
Figure 69 : Projection du degré de vitrification des échantillons de Péronnette sur le diagramme ternaire de référence 214
Figure 70 : Localisation du site du Pas du Houx..... 216
Figure 71 : Répartition du nombre des charbons par classe de taille moyenne de cerne en mm 217
Figure 72 : Diagramme anthracologique des sites du second âge du Fer 220
Figure 73 : Diagramme anthracologique de synthèse pour le bas Moyen Âge..... 221
Figure 74 : diagramme anthracologique pour la période moderne et subactuelle..... 222
Figure 75 : Variation de la diversité taxonomique par période en fonction du nombre de charbon analysés 223
Figure 76 : Evolution nombre de sources par siècle tous documents confondus..... 231
Figure 77 : Carte des zones prospectées depuis 2008 232
Figure 78 : Phtographie aérienne du camp de Saint-Cyr-Coëtquidan (IGN, campagne de 1925)..... 235
Figure 79 : Extrait des minutes d'Etat-Major au 1/40.000 (IGN, Géoportail)..... 236
Figure 80 : Restitution de l'occupation du sol sur la commune de Paimpont à partir cadastre napoléonien (1823)..... 237
Figure 81 : Carte géométrique d'Ogée, 1771 (AN NN/182/54) 238
Figure 82 : Extrait de la carte de Cassini 238
Figure 83 : Carte de la forêt de Brécilien daté de 1727 (assemblage photographique réalisé à partir d'une copie exposée en mairie de Paimpont. X. Bacheter©)..... 239
Figure 84 : Carte de Bretagne datant des environs de 1625 (G. Blaeu)..... 240
Figure 85 : Britannia et Normandia cum confinib. Regionibus (1585, G. Mercator. BNF CPL GE DD-2987 (392).) 242
Figure 86 : Tabula ducatus britanniae gallis. XVIème siècle (BNF CPL GE DD-2987 (452))243
Figure 87 : Limites de la forêt de Brécilien dépendant des juridictions de Rennes et Ploërmel d'après les minus de 1502 (AD44 B1995 ; AD44 B2097) 244
Figure 88 : Mosaïque des relevés sonar de l'étang de Paimpont (A. Baltzer)..... 253

Figure 89 : Exemple de profil sismique de l'étang de Paimpont. L'écart entre deux lignes horizontales équivaut à 2m. 253
Figure 90 : Répartition des coupes de la forêt de Paimpont par classe d'âge pour l'année 1802 258

Liste des tables.

Tableau 1 : stratigraphie de la séquence du « *Carrefour du Pas de la Chèvre »* 63
Tableau 2 : résultats des datations radiocarbone sur le site du «*Carrefour du Pas de la Chèvre »*. Les profondeurs entre parenthèses correspondent à un repositionnement sur la séquence pollinique sur la base des assemblages. Le résultat sur fond noir a été rejeté 64
Tableau 3 : stratigraphie de la séquence de *Trécélien* 83
Tableau 4 : résultats des datations radiocarbone sur le site de *Trécélien*. Les intervalles à plus forte probabilité figurent en gras 83
Tableau 5 : stratigraphie de la séquence des *Noës Blanches* 98
Tableau 6 : résultats des datations radiocarbones sur le site des «*Noës Blanches »*. Les intervalles à plus forte probabilité figurent en gras 98
Tableau 7 : stratigraphie de la séquence du *Gué Mony* 116
Tableau 8 : résultats des datations radiocarbones sur le site du «*Gué Mony »*. Les intervalles à plus forte probabilité figurent en gras 116
Tableau 9 : Table de corrélation entre les chronozones de l'Holocène établies par J. Mangerud et al. (1974) et M.-T. Morzadec-Kerfourn (1974) 139
Tableau 10 : Charbons de bois de la zone de démantèlement du bas-fourneau du Bois Jacob 184
Tableau 11 : Vitrification des charbons du Bois Jacob 185
Tableau 12 : Charbons de bois du site de « La ligne de la Fenderie au Gué » 189
Tableau 13 : Données dendrologiques du site de la « Ligne de la Fenderie au Gué » 190
Tableau 14 : Vitrification des charbons Charbons de bois du site de « La ligne de la Fenderie au Gué » 190
Tableau 15 : Charbons de bois du site des Glyorels III 194
Tableau 16 : Vitrification des charbons du site des Glyorels III 195
Tableau 17 : Charbons de bois du bas-fourneau du site de la Boissière B2 198
Tableau 18 : Répartition des charbons de la Boissière B2 par classe de calibre en cm 198
Tableau 19 : Vitrification des charbons du bas-fourneau de la Boissière B2 199
Tableau 20 : Charbons de bois du site du Perray 202
Tableau 21 : Vitrification des charbons du site du Perray 203
Tableau 22 : Charbons de bois su site du Vert Pignon III 205

Tableau 23 : Répartition des charbons de bois de l'échantillon C21 du Vert Pignon par classe de calibre en cm..... 206
Tableau 24 : Vitrification des charbons du site du Vert Pignon III 206
Tableau 25 : Fréquences absolues et relatives des taxons identifiés lors de l'anthraco-analyse du site de Péronnette 211
Tableau 26 : Diamètres moyens des échantillons de Péronnette toutes espèces confondues 212
Tableau 27 : Mesures dendrométriques des échantillons du site de Péronnette 212
Tableau 28 : Fréquences absolues et relatives des degrés de vitrification observés lors de l'anthraco-analyse du site de Péronnette 213
Tableau 29 : Fréquences absolues et relatives des taxons identifiés lors de l'anthraco-analyse du site de Pas du Houx 216
Tableau 30 : Fréquences absolues et relatives des degrés de vitrification observés lors de l'anthraco-analyse des charbons du site du site du Pas du Houx 217
Tableau 31 : Estimation du nombre d'arbre nécessaire à la métallurgie par période. 225
Tableau 32 : Brieux situés dans la juridiction de Rennes et mentionnés dans le minu de 1502 245
Tableau 33 : Consommation en bois des Forges d'après les données historiques 255
Tableau 34 : description des bois de l'abbaye en 1705 (AN G^7 1344) 257
Tableau 35 : Peuplement de huit coupes de la forêt de Paimpont vers 1840 (SIVU liasse 49) 260
Tableau 36 : Principales décisions de justice rendues entre les habitants et les propriétaires des Forges à propos des droits d'usage en forêt 262

Annexes

Annexe 1 317
Annexe 2 318

Annexe 1

Description des coupes d'après le procès-verbal de 1691

Nom de la coupe	Âge de la coupe	Exploitation	Surface (en journaux)
Canton au dessus de la chèvre		Taillis	
Canton à côté des landes du Halgros		Taillis	
Le bois sec (près la terre rouge)		Taillis (en partie défensable)	
bois de la mariais			
taillis de langas		Taille défensable	
langas		Futaie	40-50
breil morrin		lande	
l'éveque		lande	
la noë du no (entouré par le triage de l'abbaye)		taille (non défensable en 1684)	40-50
lande de Paimpont		lande	
un canton de fustaye		futaie	300-400
Taille du Boissec	8-9 ans	Taillis	
Les vieilles tailles de Haute forêt ou Loussin			
entre l'abbaye et beauvais	25-30 ans	taillis	
le brulis	4 ans	taillis	
nord de beauvais		Taillis	
Canton désigné pour beauvais		futaie	800
autour du perthuis néantis		futaie	
autour de folle pensée			
entre l'étang de Paimpont et Telhouet		lande	1200
Autour de Telhouet		taillis	
Atour de Coybois, la sangle et le buisson	>18	taillis	
A l'est de Telhouet		futaie	
Lyderho		taillis	
le pas de la forge		taillis	
Hyndrés		taillis	
entre Telhouet et Coganne		taillis	
entre Telhouet et l'étang de Trudo		noës peu plantée	
La noë Grossein	7	taillis	

Annexe 2

Droits d'usage cités dans les usements de la forêt de Brécilien

Usagers	Lieux de résidence	Lieux d'usage	Droits
Evêque de Saint-Malo	Maison de Saint-Malo-de-Beignon	dans toute la forêt sauf Coueslon et Tremelin	1. droit d'usage complet en bois de construction pour sa maison de Saint-Malo-de-Beignon et ses moulins 2. usage de bois de chauffage uniquement pour son manoir de Saint-Malo-de-Beignon 3. bois pour son four banal de Saint-Malo-de-Beignon
Abbé de Montfort	Métairie dans la paroisse de Campénéac	Quartier de Haute-forêt	4. - droit de pâturage pour son valet - ramasser le bois de chauffage tombé sur feuille autant qu'il en faudra - abattre du bois de construction pour la métairie ou pour les clôtures de ses terres
Abbé de Montfort en tant que prieur de Saint-Péran	Prieuré de Saint-Péran	Quartier de Lohéac	5. - droit de pannage, paisson et pâturage pour son bétail - ramasser le bois de chauffage tombé sur feuille autant qu'il en faudra et en faire abattre s'il n'en trouve pas - Prendre et faire abattre du bois pour la construction et la réparation du prieuré et des clôtures - son valet peut prendre et abattre du bois pour faire des charettes, charrues et des roues pour les labours et charrois du prieuré
Abbé de Montfort	Abbaye de Montfort	Quartiers de Coueslon et Trémelin sauf au Vaudemon et dans ce qui fut acquis par le seigneur de Saint-Gilles	6. - Droit d'usage sur tous les bois de construction, de réparation et d'arrangement pour l'abbaye, moulins, vignes et clôtures dépendant anciennement de l'abbaye - bois de chauffage abattu par pied ou autrement qu'il en faudra - tenir son bétail
Abbé de Montfort	Prieuré de Guillermons	Quartier de Coueslon	7. mêmes droits que pour l'abbaye (6.)
Abbé de Paimpont	Abbaye de Paimpont	Quartier de Haute-forêt et de Lohéac	8. - Droit d'usage complet tant pour la construction et la réparation de l'abbaye et des moulins que pour son chauffage, ses clôtures et ses vignes. De la même manière que l'abbaye de Montfort. - il peut également y tenir son bétail. - Droit de tenir son haras de chevaux et de juments domestiques ou sauvages dans ces cantons.
Abbé de Paimpont	Abbaye de Paimpont	Quartier de Haute-forêt et de Lohéac	9. - Droit d'interdire la vente de bois de ces quatre brieux dans lesquels il ne peut vendre ni donner aucun bois sauf s'il est tombé. - Droit de vendre le bois dit mort-bois tels que charme et bouleau - Droit de prendre du bois de construction et réparations
Prieur de Saint-Barthélémy-des-Bois	Prieuré de Saint-Barthélémy-des-Bois	Quartier de Haute-forêt	10. - Droit d'usage pour le bois de construction, réparation et chauffage - Droit de conduire son bétail aux paisson, panage et pâturage

Prieure de Telhouët	Prieuré de Telhouët	Quartier de Lohéac	11. Droit d'usage pour bois de construction, réparation, et autres nécessités, sauf pour les réserves à poisson qu'elle peut tenir en forêt, même si elle y possède des étangs et des viviers
Prieur de Saint-Ladre	Prieuré de Saint-Ladre près de Montofrt	Quartier de Coueslon	12. - Droit complet d'usage du bois de chauffage, de construction, de clôture, de vigne et autres nécessités.
			- Droit d'usage pour tout son bétail
Prieur de Saint-Ladre	Métairie de Saint-Laurent-des-Gaires		13. Aucun droit
Prieur de Saint-Ladre	Domaine de Brangolo	Quartier de Trémelin	13. Idem 11.
Prieur de Saint-Ladre	Domaine des Fourneaux	Quartier de Lohéac sauf Bradecole	13. Droit de conduire son bétail.
Prieur de Saint-Jean	Prieuré de Saint-Jean près de Montofrt	Quartier de Coueslon	14. Droit d'usage après demande aux officiers pour la construction, les réparations des maisons anciennes de son prieuré.
Prieur de Saint-Nicolas de Montfort	Prieuré de Saint-Nicolas près de Montofrt	Quartier de Coueslon	15. Droit d'usage après demande aux officiers pour la construction, les réparations des maisons anciennes de son prieuré.
Seigneur de Bintin	Sa maison du Bois dans la paroisse de Talenzac	Quartier de Coueslon	16. Droit d'usage pour son bétail - Droit d'usage au bois de constructionet réparations, clôtures, vignes, moulins et autres nécessités et pour son chauffage.
Seigneur de la Roche	près de Trémelin	Quartier de Trémelin	17. Droit d'usage complet pour le panage de son bétail. - Droit pour toute espèce de bois comme le seigneur de Bintin (16.). - Pas de droit pour la construction et la réparation des moulins
Seigneurs des Brieux		Quartier de Lohéac	18. Droit d'usage à tout bois de maison pour la construction, la réparation, les clôtures et les moulins. - Droit de conduire son bétail.
Seigneur de Raulo		Quartier de Lohéac	19. Droit d'usage pour les bêtes. - Pour le chauffage, il ne peut user que de mort-bois comme le bouleau et le charme, sans abattre d'autre bois.
Les communiers des fiefs du Tellent, du Castonnet et de la Rivière	Paroisse de Plélan	Quartier de Lohéac	20. Droit de mener leur bêtes aumailles et autres. - Droit de prendre le bois mort tombé sur feuille, la quantité que deux hommes peuvent enleversur une charrette sans outil.
Les usagers de Concoret	Paroisse de Concoret	Quartier de Haute-forêt	22. Droit de prendre fougère, feuille de lierre et au tres litières pour bétail et engrais. - Droit de prendre fragon, genêts et branche de houx sans couper le pied ni la cîme. - Droit de prendre tous les fruits sauf gland faînes et châtaignes. - pour le chauffage, droit de prendre le bois mort, rompu et tombé, et même le bois châblis de toute espèce
Les usagers de Concoret	Paroisse de Concoret	Quartier de Haute-forêt	23. Conduire leurs bêtes (brebis, moutons châtrés, agneaux, veaux et bœufs). Les porcs en temps de paissons et mettre les bêtes aumailles au panage.

VU :

Le Directeur de Thèse
(Nom et Prénom)

VU :

Le Responsable de l'École Doctorale

VU pour autorisation de soutenance

Rennes, le

Le Président de l'Université de Rennes 1

Guy CATHELINEAU

VU après soutenance pour autorisation de publication :

Le Président de Jury,
(Nom et Prénom)

Mots-clés : Palynologie – Anthracologie – Histoire – Archéologie – Interdisciplinarité – Paléoenvironnement – Paléométallurgie – Holocène – Forêt de Paimpont - France

Les environnements, qu'ils soient actuels ou passés, sont des systèmes complexes dont l'étude intéresse de nombreuses disciplines. Les résultats obtenus par chacune de ces approches permettent d'en éclairer différents aspects. Mais bien souvent, leur confrontation demeure assez sommaire. Pourtant des discordances qui apparaissent entre les résultats, peuvent naître de nouvelles clés de compréhension dans le fonctionnement des milieux anciens.

Ce travail propose de montrer, à travers l'étude du massif forestier de Paimpont (Ille-et-Vilaine, France), comment le croisement de données issues de trois méthodes paléoenvironnementales permet 1) de mieux comprendre le fonctionnement du système, et 2) de tester les limites propres à chacune d'elles. Dans cet exemple, la palynologie a permis de retracer l'histoire de la végétation depuis la fin du Tardiglaciaire fournissant ainsi un cadre paysager. L'anthracologie a été appliquée exclusivement sur des charbons de bois issus d'ateliers paléo-sidérurgiques. Elle renseigne sur l'exploitation du bois, pour cette activité, depuis le Hallstatt. Une étude historique et archéologique complète ce travail. Riche en informations sur les 800 dernières années, elle décrit les différentes exploitations de la forêt et livre une spatialisation de l'information.

Cette thèse montre la présence d'une forêt à Paimpont depuis le Préboréal. Son évolution a été commandée par les variations du climat jusqu'au Néolithique récent, où les premiers indices d'anthropisation sont perçus. Bien que des populations soient présentes à partir de cette période, elles ne semblent pas marquer profondément le paysage avant le Moyen Âge. Au XIVème-XVème siècle, le développement de la sidérurgie entraine une forte consommation en bois. L'installation des Forges au XVIIème siècle viendra encore accroître cette consommation.

La confrontation des trois approches révèle nettement une différence entre les paysages décrits par chacune d'elles au cours des trois derniers siècles. Archéologie, histoire et anthracologie attestent de la présence d'une forêt. La palynologie ne la détecte pas. Ceci soulève le problème d'autoévaluation de leurs résultats, notamment lorsqu'ils viennent à servir à la modélisation.

Key-words : Palynology – Charcoals analysis – History – Archaeology – Interdisciplinarity – Palaeoenvironment – Palaeometallurgy – Holocene –Paimpont Forest - France

The environments, current or past, are complex systems of which the study interests numerous disciplines. The results obtained by each of these approaches allow to light various aspects. But often, their confrontation remains rather summary. Nevertheless conflicts which appearing between the results can arise from new keys of understanding in the functioning of the ancient environments.

This work shows, through the study of the Paimpont Forest (North-Western France), how the crossing of data from three palaeoenvironmental methods allows 1) to understand better the functioning of the past systems, and 2) to test the limits of them. In this example, the palynology allowed to redraw the history of the vegetation since the end of Lateglacial so supplying a landscaped frame. The charcoal analysis was exclusively applied to charcoals stemming from iron production sites. It informs about the exploitation of wood, for this activity, since Hallstatt. A historic and archaeological study completes this work. Rich in information over the last 800 years, it describes the various exploitations of the forest and delivers a spatializing of the data.

This thesis shows the presence of a forest to Paimpont since the Preboreal. Its evolution was ordered by the variations of the climate up to the recent Neolithic, when the first indications of human impact are collected. Although populations are present from this period, they do not seem to mark profoundly the landscape before the Middle Ages. In the 14th-15th century, the development of the steel industry creates a strong wooden consumption. This consumption will be exceeded only with the installation of the Forges in the 17th century.

The confrontation of three approaches reveals a difference between the landscapes described. Archaeology, history and charcoal analysis give evidence of a forest. The palynology does not detect it. This raises the problem of self-assessment of their results, especially when they are used for modeling.