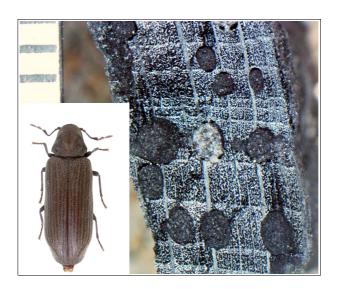


Analyses scientifiques des découvertes archéologiques : études anthracologiques

Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération du théâtre Beauvaisis, à Beauvais (60)



Ville de Beauvais Service archéologique

Rapport d'étude anthracologique

Avril 2019

VILLE DE BEAUVAIS

Service archéologique de la ville de Beauvais

Opérations archéologiques du théâtre Beauvaisis à Beauvais (60)

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

membre associé à l'UMR 6566 CReAAH et chargé de cours à l'Université de Rennes 1

E-mail: loic.gaudin@arkeomap.com

Site web: <u>arkeomap.com</u>

Avril 2019

<u>Illustration de la page de couverture :</u>

Charbon de Hêtre (Fagus sylvatica), présentant des traces de xylophages : la petite vrillette (Anobium punctatum)

Prélèvement 002, tamisage avec une maille de 2mm, grossissement x10.

Coupe transversale, vue sous loupe binoculaire Olympus SZ x7 (laboratoire ArkéoMap).

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
1. ORIGINE DES PRELEVEMENTS, OBJECTIFS D'ETUDE	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEME D'INTERPRETATION	
2.1. Équipement d'observation	8
2.2. Méthodologie	9
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	12
2.4. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation	13
3. RESULTATS D'ANALYSES ET INTERPRÉTATIONS	
3.1. Prélèvements provenant de l'US 1037.1	15
3.1.1. Résultats	15
3.1.2. Interprétation	21
3.2. Prélèvements provenant de l'US 1037.3	28
3.2.1. Résultats	28
3.2.2. Interprétation	
'	
4. SYNTHESE	33
5. BIBLIOGRAPHIE ET REMERCIEMENTS	
6. ANNEXE	40

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats de l'analyse anthracologique de six prélèvements réalisés lors de l'opération archéologique du théâtre Beauvaisis à Beauvais (60). Les charbons ont été prélevés à l'intérieur du comblement d'une fosse du 13e-14e siècle.

Le site a été fouillé par le service archéologique de la ville, sous la direction de Monsieur Sébastien LEFEVRE. L'étude a été commandée par le service avec l'accord de son directeur Monsieur Jean-Marc FEMOLANT.

<u>Remerciements</u>: à Magali Toriti (Le Mans Université, CreAAH – UMR 6566) pour les informations concernant la paléoentomologie.

1. ORIGINE DES PRELEVEMENTS, OBJECTIFS D'ETUDE

Les restes anthracologiques proviennent de six prélèvements réalisés à l'intérieur du comblement d'une cavité d'environ 2 mètres sur 2 mètres et de 30 à 40 cm de profondeur. Le comblement de cette cavité est attribué au 13e – 14e siècle. Les parois de la fosse ne présentaient pas de traces de rubéfaction. Les rejets de combustion sont donc probablement en position secondaire. Deux US ont été discernées à l'intérieur du comblement : les US 1037.1 et US 1037.3.

Beaucoup de graines ont été identifiées à l'intérieur de ce comblement ce qui tendrait à interpréter l'ensemble comme des rejets de combustion issus d'un grilloir. Nous notons aussi des restes osseux et de coquilles.

Les lots ainsi qu'une brève description des couches de provenance sont listés dans le tableau suivant (Fig. 1).

Remarque:

Le tamisage a été effectué par le Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Oise (CRAVO). Ce tamisage a été réalisé par flottation. Des mailles de 2 mm et de 0,5 mm ont été utilisées, en vue notamment de réaliser une étude carpologique. Les six prélèvements ont donc été sous-échantillonnés en lots de fragments supérieurs à 2 mm et entre 2 et 0,5 mm. Nous avons observé l'ensemble des lots issus du conditionnement fait par le CRAVO, y compris donc les charbons compris entre 2 et 0,5 mm. Néanmoins, nous nous sommes plus particulièrement concentrés sur les lots issus des refus de tamis supérieurs à 2 mm, lots qui paraissaient les plus prometteurs en termes d'informations anthracologiques.

L'ensemble des lots a été observé. 610 charbons ont été étudiés.

Structures	N° sac / prélèvement	Faits / description	Éléments de datation	Nb charbons étudiés
Beauvais "Théatre" opération 11657 – 1037.1	N°006, vol. 10 L a maille 2 mm N°006, vol. 10 L FLOTTATION à maille 2 mm	Structure unique en son genre à Beauvais. La cavité mesurait environ 2 mètres sur 2 mètres pour 30 à 40 cm de profondeur. Elle ne présentait pas de traces de rubéfaction. Beaucoup de graines carbonisées, mêlées aux charbons, ont été retrouvées dans le comblement de cette fosse. Dans l'état actuel	13e – 14e siècle	131 13 32 130 10 20 31 117 10
Beauvais "Théatre" opération 11657 – 1037.3	N°055, vol. 10 L à maille 2 mm N°055, vol. 10 L à maille 0,5 mm N°056, vol. 10 L à maille 2 mm N°056, vol. 10 L FLOTTATION à maille 0,5 mm N°057, vol. 10 L à maille 2 mm N°057, vol. 10 L à maille 0,5 mm	des recherches, l'ensemble est interprété comme des rejets de combustion d'un grilloir.		32 11 20 10 20
			TOTAL	610

Fig.1 – Tableau synthétique des résultats, comptages anthracologiques.

Afin d'avoir une idée de la représentativité de la diversité taxonomique à l'intérieur des échantillons étudiés, il est courant de calculer des courbes « effort-rendement » (Chabal, 1997 et Chabal et al., 1999). Le principe de cette courbe repose sur la mise en perspective du rang des premières identifications des taxons afin de déterminer des seuils, ou effectifs, au delà desquels l'apport de nouvelles essences ne paraît plus « rentable ».

Cette technique s'est révélée peu pertinente pour les échantillons provenant de ce site car seulement neuf taxons au maximum ont pu être détectés par prélèvement (lot n°002, fragments supérieurs à 2 mm). Pour les prélèvements n°005 et n°006, lots parmi les plus diversifiés, les courbes « d'effort-rendement » montrent des seuils de l'ordre de 50 à 70 charbons (Figures 2 et 3). Ce seuil a été atteint pour les prélèvements qui présentaient suffisamment de charbons.

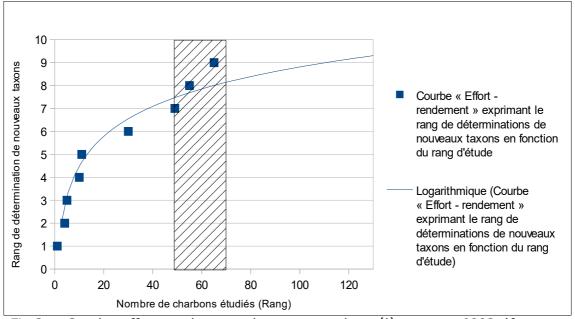


Fig.2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°002 (fragments supérieurs à 2 mm). Dans cet exemple, le neuvième taxon (*Salix sp.*) a été observé au rang 65 et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 50 et 70 charbons.

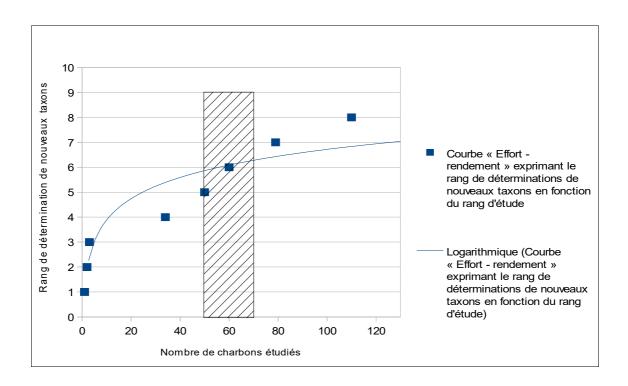


Fig.3 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°005 (fragments supérieurs à 2 mm). Dans cet exemple, le huitième taxon (*Salix sp. / Populus sp.*) a été observé au rang 110 et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 50 et 70 charbons.

Les indicateurs calculés à partir des courbes « effort-rendement » sont basés sur la diversité taxonomique, or, en plus des identifications nous avons aussi procédé à des observations permettant de préciser la nature des ensembles anthracologiques : mesures de largeurs de cernes, estimations des catégories de calibre, types de combustion, traces de découpes, de xylophages, etc...

En fonction de l'enveloppe allouée pour cette étude, nous avons choisi d'étudier les lots de façon la plus exhaustive possible en répartissant l'effort de l'étude sur l'ensemble des seize lots. Ainsi nous avons fait en sorte que le nombre de charbons étudiés tienne aussi compte du nombre de fragments présents dans chacun des lots (Fig. 1). C'est pourquoi, l'analyse des prélèvements n°002, 005 et 006 (fragments supérieurs à 2 mm) a été portée jusqu'à plus de 100 charbons alors que d'autres lots, moins riches, n'ont parfois fait l'objet que de quelques observations.

2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION

2.1. Équipement d'observation

Les observations microscopiques ont été réalisées au sein du laboratoire ArkéoMap (Stéréomicroscope Olympus SZX7, grossissements x10 à x60 et microscopes Olympus CX40 ou BX60 à lumière incidente, grossissements de x50 à x1000). L'utilisation d'atlas d'anatomie du bois (Schweingruber, 2011), les traitements numériques et l'élaboration du rapport ont été effectués au sein de la structure ArkéoMap. Des référentiels anthracologiques ont pu être consultés au sein du laboratoire de l'UMR 6566 « CReAAH » à l'Université de Rennes1.





Figure 4 - Détails du microscope équipé d'un dispositif en lumière incidente (Olympus BX60 à grossissements x50 à x1000). Laboratoire ArkéoMap.

2.2. Méthodologie

Chaque ligneux produit un bois particulier, spécifique et héréditaire, présentant une organisation particulière de ses tissus. La structure du bois s'étudie dans les trois plans anatomiques.

- plan transversal,
- plan longitudinal radial,
- plan longitudinal tangentiel.

Sur les charbons de bois, des cassures fraîches sont faites à la main et au scalpel. Celles-ci sont directement observées sous microscope optique à réflexion, voire au microscope électronique. Cette technique d'observation présente l'énorme avantage de ne pas "polluer" l'échantillon par une imprégnation en résine de synthèse et le laisse donc tout à fait susceptible d'être daté par radiocarbone après étude anthracologique.

Une partie des mesures dendrologiques nécessite des charbons de bois d'environ 5 à 2 mm minimum. En revanche, il est possible de travailler sur des très petits charbons (2 à 1 mm) pour les déterminations taxonomiques.

La famille des ligneux carbonisés (combustion partielle) se détermine à coup sûr et souvent le genre. Toutefois, il est délicat, voire impossible, de distinguer certaines espèces. Les variations biotopiques au sein d'une même espèce sont souvent plus importantes que les différences interspécifiques au sein du genre, d'où par exemple le taxon anthracologique « *Quercus sp.* » pour désigner les chênes à feuillage caduc.

Notons aussi le taxon anthracologique « *Quercus / Castenea* » désignant aussi bien le chêne que le châtaignier. En effet, les deux taxons se différencient par la présence d'un critère anatomique (les rayons multisériés présent chez le chêne) qui n'est pas toujours visible sur les petits fragments.

Les données phyto-écologiques que nous dégagerons de notre étude reposeront sur les informations écologiques intrinsèques à chaque taxon attesté et sur les groupements végétaux mis en évidence. Il sera aussi fait parfois référence aux données quantitatives (effectifs) afin de souligner dans nos commentaires la dominance affirmée de certains taxons.

Nous complétons la détermination des essences ligneuses par un examen du plan ligneux transversal effectué à plus faible grossissement (loupe binoculaire) (Marguerie, 1992a et b). Ainsi, il est possible de collecter des informations sur :

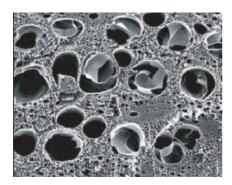
- l'allure des limites de cernes de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques), pour connaître la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- le rythme de croissance

Cela correspond au rythme des croissances radiales (ou largeurs de cerne) année après année. Ce rythme peut être perturbé suite à des coupes réalisées sur l'arbre (ex. coupe de baliveaux lors de traitements en taillis), ou suite à des aléas climatiques (ex. années de sécheresse). Les calculs de largeurs moyennes de cernes, nécessitent un rythme régulier.

- la présence de thylles

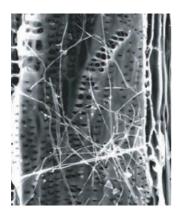
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne entre autres de sécrétions ou dépôts de gommes et d'excroissances cellulaires appelées thylles obstruant peu à peu les vaisseaux du duramen ne fonctionnant plus. Les thylles se conservent après carbonisation. Leur observation chez les charbons de bois indique que ceux-ci proviennent du duramen et non de l'aubier et reflète l'emploi de bois âgés, si toutefois les thylles ne résultent pas de traumatismes d'origine mécanique, physique ou chimique.



Elles sont bien visibles sous un microscope optique car elles sont réfringentes dans les charbons de bois. Elles sont faciles à repérer chez le chêne (Marguerie *et al.*, 2010). Ce critère est utilisé pour écarter des charbons du bois de cœur (pour les datations C14 notamment).

Fig. 5 – Thylles dans du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010).

- la présence d'hyphes de champignons dans les vaisseaux.



Dans les vaisseaux observés en coupe longitudinale, des filaments blancs sont parfois détectés. Ils correspondent aux hyphes qui envahissent et pénètrent dans le bois mort ou mourant en conditions aérobies à partir des champignons qui se développent à la surface des arbres.

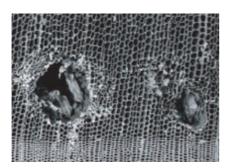
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

- la présence ou l'absence d'écorce et/ou de moelle.

Sur les charbons portant à la fois de l'écorce et de la moelle il est possible de mesurer un rayon complet et donc d'estimer précisément le calibre de la tige dont il provient.

- le bois de réaction propre aux branches car résultant de l'action de la pesanteur sur ces éléments non perpendiculaires au sol,

- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.



La présence de tels tunnels est plutôt un indicateur de bois morts, mais il existe parfois des bois vivants dont l'aubier peut être logiquement attaqué (Marguerie et al., 2010).

Fig. 7 – Galerie d'insectes xylophages dans un charbon de pin sylvestre (*Pinus sylvestris L.*) (Marguerie *et al.*, 2010).

- **la largeur moyenne des cernes** figurés sur le charbon pour apprécier les caractères biotopiques, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)
- la présence de fentes radiales, de retrait et vitrification.



La présence ou l'absence de fentes radiales de retrait est un indice pour savoir si le bois fut brûlé vert ou sec.

Selon Marguerie et al. (2010), la fréquence des fentes radiales de retrait dépend de l'anatomie du bois (densité et largeur des rayons), de la partie de la tige (duramen ou aubier), du taux d'humidité du bois (fentes liées à l'évacuation de l'eau liée) et de la température de carbonisation (Théry-Parisot, 2001). Selon Prior et Alvin (1986), la carbonisation du bois saturé d'eau favorise une augmentation substantielle du nombre de fentes de retrait.

Fig.8 – Exemple de fentes de retrait (Marguerie et al., 2010).

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des petites pièces de bois. Selon Marguerie et al.(2010), elle est la conséquence de conditions spécifiques de combustion ou de taphonomie, voire d'un état particulier du bois avant le passage au feu. De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaéorobie" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer ce phénomène de vitrification selon Blaizot et al. (2004) ou J.-C. Oilic (2011).

Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation des tissus, une apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 1982).

- la saison d'abattage est repérable lorsque le dernier cerne est identifié. Un examen détaillé de ce dernier cerne rend parfois possible la détection du bois initiale (bois de printemps) du bois final (ou bois d'été). L'arrêt brutal de la croissance du bois de printemps permet de situer l'abattage au printemps.
- **le travail du bois** (traces d'abattages, d'élagages, de façonnages ...).

En dehors des strictes informations environnementales, l'anthraco-analyse a des retombées d'ordre ethnographique. L'identification des restes ligneux renseigne sur le choix et la sélection des essences destinées au bois d'œuvre (charpentes, planchers, huisseries...), à l'artisanat des objets domestiques (emmanchements,

récipients, meubles...) et aux structures de combustion. De plus, grâce aux observations dendrologiques, des données peuvent être collectées sur les techniques de travail et de débitage du bois, sur l'âge et les périodes d'abattage des arbres, sur les traditions vernaculaires...

2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

- Observations de caractères dendrologiques :

Une observation systématique des charbons de bois à faible grossissement a été effectuée en complément de la détermination des essences. Elle a permis de relever un certain nombre de caractères dendrologiques (type de courbure, type de combustion, occurrences de thylles, traces d'insectes...). Néanmoins, une partie des charbons n'ont pu donner lieu à une telle analyse car trop petits, fragmentés ou mal conservés, ils présentaient des plans ligneux alors impossibles à caractériser.

- Mesures des largeurs moyennes de cernes ou croissance radiale :

La largeur moyenne des cernes à faible courbure des charbons a également été tentée sur quelques individus lisibles afin d'apprécier l'homogénéité ou l'hétérogénéité des biotopes d'approvisionnement et de déterminer la nature du peuplement d'où ont été extraits les charbons.

A noter que sur les branches (bois de petit calibre, à forte courbure) cette mesure n'a pas de sens du fait de leur croissance totalement excentrée. De plus, la croissance des arbres est plus vigoureuse durant les premières années de vie ce qui donne en règle générale des largeurs très larges pour les premiers cernes. Nous écartons aussi ces cas en ne retenant que les charbons présentant des courbures faibles (charbons en provenance de troncs de fort calibre et donc relativement âgés).

L'observation de la largeur des cernes d'accroissement renseigne notamment sur l'état du peuplement végétal au sein duquel le bois a été récolté. En forêt dense, l'intensité d'assimilation et de transpiration des individus est telle que les arbres connaissent une pousse lente et régulière (cernes étroits). Un milieu plus ouvert est, en revanche, riche en bois à croissance rapide (cernes larges).

<u>- Estimation du calibre des arbres, recherche du diamètre des arbres</u> utilisés : Mesures des calibres

La plus ou moins grande courbure des cernes (Cf. les 3 catégories : faible, intermédiaire, forte, Fig.9) renseigne sur l'origine du fragment carbonisé. Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera une provenance d'une grosse pièce de bois : grosse branche ou tronc.



Fig.9 – Les trois catégories des courbures de cernes annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

2.4. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation

L'étude des six prélèvement a permis de déterminer treize taxons anthracologiques. De façon générale deux taxons se dégagent, il s'agit du chêne (*Quercus sp.*) et du hêtre (*Fagus sp.*).

L'autoécologie des taxons identifiés peut apporter quelques éléments d'interprétation (Rameau *et al.*, 1989) :

Le hêtre (Fagus sylvatica) est une espèce de forêt caducifoliée (chênaie – hêtraie) de large amplitude. Il appartient le plus souvent à des forêts fraîches et mâtures. C'est une essence d'ombre en climat sec et de lumière en climat humide. Il constitue un excellent bois de chauffage et fournit un charbon très estimé.

Le chêne (*Quercus sp.*) à feuilles caduques correspond indifféremment, dans le domaine géographique considéré, essentiellement au chêne pédonculé et sessile. Le chêne est surtout apprécié comme bois de charpente mais aussi comme combustible, c'est un bon charbon de bois. C'est un bois difficile à travailler, mais solide pour les constructions.

Le châtaignier (Castanea sp.) aurait une distribution naturelle en Corse, sur le pourtour méditerranéen et sans doute dans quelques points des Cévennes et des Pyrénées Orientales. Il a été planté partout ailleurs. C'est une espèce relativement thermophile, héliophile ou de demi-ombre que l'on retrouve plutôt sur les sols pauvres en bases et calcaires : sols de pH assez acides. De plus, il est favorisé par les sols assez secs à assez frais. On trouve cette espèce associée aux bois et forêts acidiphiles (ex. chênaies pubescentes sur sols acides). Il fournit un bois hétérogène et à densité assez élevée, il se travaille bien et se débite très bien par fendage. C'est cependant un bois de chauffage moyen, à utiliser en foyer fermé à cause de projections d'escarbilles. Le châtaignier éclatant à la combustion brûle assez rapidement et génère généralement très peu de charbons, ce qui pourrait expliquer sa faible représentation dans les études anthracologiques.

Remarque sur la détection du châtaignier :

La présence du châtaignier (*Castanea sp.*) reste hypothétique car c'est la détection d'un critère anatomique (les rayons multisériés) qui permet de différencier le chêne du châtaignier. Or, sur les petits fragments, l'absence de ce critère n'est pas forcément significatif du châtaignier, d'où la nécessité du taxon anthracologique « chêne-châtaignier » (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

L'érable (*Acer sp.*) et plus particulièrement l'érable champêtre est une essence héliophile ou de demi-ombre favorisée par les sols mésophiles et neutres à basiques. C'est un arbre que l'on retrouve plutôt sur des sols riches en bases mais aussi en azote (pH basique à neutre). Il possède une stratégie de croissance et de captation de la lumière typique d'une essence de trouée, qui le rend également apte aux systèmes bocagers. A l'état naturel on le trouve plutôt en lisière forestière ou dans des forêts ouvertes. Il s'associe bien avec la chênaie-hêtraie. C'est un bois dur et dense qui présente une forte résistance mécanique, il est utilisé pour fabriquer des manches d'outils des établis... Essence utilisée aussi en plantation d'alignement ou en ornement. C'est un bon combustible.

Les **Pomoïdées** (ex. aubépine, poirier, néflier) et **le genre Prunus sp.** (ex. merisier, cerisiers, prunelliers) sont des essences héliophiles ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les lisières de bois, dans des bois clairs, des landes ou en forêts caducifoliées ouvertes. Il n'est pas rare des les retrouver associés aux **Genistées** (ex. genêts). Les **Pomoïdées** englobent par exemple les **poiriers-pommiers** mais aussi l'**aubépine**. Les charbons du genre **Prunus sp.** peuvent aussi

correspondre aux **merisiers** et aux **cerisiers**. Ils ont pu être favorisés par les activités humaines pour leurs fruits (ex. cerises, prunelles). Si le bois de cerisier (ex. *Prunus mahaleb*) constitue un bon combustible, le bois de merisier (*Prunus avium*) est en revanche assez médiocre.

Le sureau (*Sambucus sp.*) est un arbuste qui pousse généralement dans des milieux clairs, en lisières, haies, bords de rivières, voire dans les décombres et bois frais. Il produit des petits fruits comestibles cuits et parfois utilisés pour la confection des confitures.

Le houx (*Ilex aquifolium*) est une essence de forêts, lisières forestières et de haies. Elle s'adapte à tous les substrats, c'est une espèce à large amplitude thermique et hydrique. Ses baies rouges, sont toxiques. Son bois est parfois utilisé en marqueterie ou comme manches divers : fouet, cravache, instrument de dessin, (Rameau *et al.*, 1989). En revanche, il n'est pas connu pour ses qualités combustibles.

Le **noisetier** (*Corylus sp.*) et le **bouleau** (*Betula sp.*) sont des essences héliophiles ou de demi-ombre. Elles se rencontrent aussi bien dans les lisières de forêts caducifoliées, dans des bois clairs, dans des landes ou friches. Ces espèces s'adaptent à tous les substrats, tant d'un point de vue hydrique qu'en terme de pH. Aussi, on les trouve potentiellement dans la plupart des écosystèmes, même s'ils restent avant tout des arbres pionniers par excellence. Le noisetier et le bouleau sont de bons combustibles (flamme longue, claire, sans fumée), ils dégagent beaucoup de chaleur et une combustion rapide. Leurs bois constituent un excellent bois d'allumage, surtout sous la forme de brindilles.

Le **saule** (*Salix sp.*), le **peuplier** (*Populus sp.*) et l'**aulne** (*Alnus sp.*) sont des essences vivant dans des contextes humides tels que les bordures de rivières, les berges des lacs et zones alluviales. Ce sont des bois utilisés en vannerie et offrant pour le saule des propriétés médicinales. En revanche ce sont des bois de feu assez médiocres, charbon léger (Rameau *et al.*, 1989). Ce sont des essences à forte croissance pouvant assurer un bon allumage du feu, mais leurs combustions respectives sont trop rapides.

3. RESULTATS D'ANALYSES ET INTERPRÉTATIONS

Tenant compte des constations et interprétations fournies (cf. Fig. 1), les résultats sont présentés par US et prélèvements. A savoir, tout d'abord les prélèvements n° 002, n° 005 et n° 006 correspondant à l'US 1037.1, puis les lots n° 55, n° 56 et n° 57 de l'US 1037.3.

3.1. Prélèvements provenant de l'US 1037.1

3.1.1. Résultats

• Prélèvement n°002

Fragments supérieurs à 2 mm

			Courbure		Ryt	hme							
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Thylle	Insecte
Alnus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Betula sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Corylus avellana	11	0	1	9	0	0	2	0	0	0	2	0	0
Fagus sylvatica	43	7	21	11	0	0	2	0	1	0	0	0	8
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Pomoïdée	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	62	13	20	18	30	2	3	10	5	0	0	28	0
Salix/Populus	7	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salix sp.	2	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0

- Fragments compris entre 2 et 0,5 mm

			Courbure		Ryt	hme	Combustion			
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Corylus avellana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Graine (type Céréale)	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fig. 10 – Listes des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°002.

- <u>Mesures des largeurs de cernes : Prélèvement n° 002, fragments supérieurs à 2 mm</u>

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	13	62	1,67	0,81	0,72	3,54
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	30	129	1,66	0,7	0,43	3,54

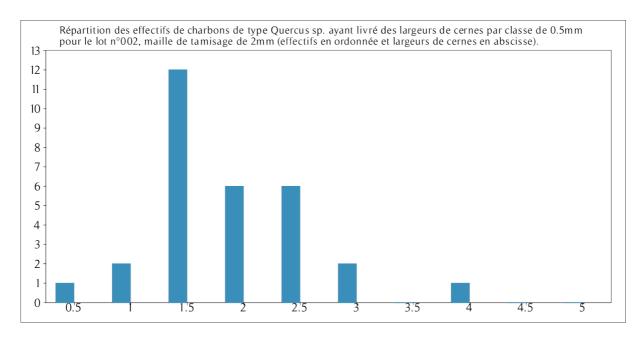


Fig. 11 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cernes (en mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire et un rythme de croissance régulier. Prélèvement n°002, fragments supérieurs à 2 mm.

• Prélèvement n°005

- Fragments compris entre 2 et 0,5 mm

			Courbure		Ryt	hme	Combustion			
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Graine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Graine (type Céréale)	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Fragments supérieurs à 2 mm

			Courbure		Ryt	Rythme		Combu	ustion					
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particuliar	Fandu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Vitrifié - structures fondues – luisant	Thylle	Insecte
Betula sp.	4	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Fagus sylvatica	5	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Frag. os - dent	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine (type Céréale)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0
Quercus/Castanea	7	0	1	3	0	0	1	0	1	0	3	0	0	0
Quercus sp.	9	1	3	2	2	1	1	2	0	0	0	0	3	0

- Fragments compris entre 2 et 0,5 mm (après traitement par flottation)

			Courbure		Ryt	hme	Combustion				
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin	
Betula sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fagus sylvatica	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Graine (type Céréale)	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Quercus/Castanea	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Fragments supérieurs à 2 mm (après traitement par flottation)

			Courbure		Ryt	hme	Combustion								
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Vitrifié - structures fondues – luisant	Thylle	Insecte	Moelle
Acer sp.	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betula sp.	15	1	9	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Corylus avellana	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	54	13	19	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	9	1
. de brindille indéterr	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Frag. écorce	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	43	6	15	10	16	5	1	5	5	0	0	0	14	0	1
Salix/Populus	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salix sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 12 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n° 005.

- <u>Mesures des largeurs de cernes : Prélèvement n° 005, fragments supérieurs à 2 mm (traitement par flottation).</u>

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	6	43	1,37	0,32	0,93	1,65
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	16	74	1,66	1,21	0,75	5,72

Fig. 13 – Tableau des mesures de largeurs de cernes (en mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire et un rythme de croissance régulier. Prélèvement n°005, fragments supérieurs à 2mm (après traitement par flottation).

• Prélèvement n°006

- Fragments compris entre 2 et 0,5 mm

			Courbure		Ryt	hme	Combustion			
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Graine	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Graine (type										
Céréale)	6	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	1	0	

- Fragments supérieurs à 2 mm

			Courbure		Ryt	hme	Combustion					
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Fagus sylvatica	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Frag. de brindille indéterminé	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine (type Céréale)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pomoïdée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	8	0	1	4	0	0	1	0	4	0	0	0
Quercus sp.	12	0	5	1	2	0	0	3	1	0	0	4

- Fragments compris entre 2 et 0,5 mm (après traitement par flottation)

			Courbure			hme	Combustion			
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Graine	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
Graine (type										
Céréale)	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quercus/Castanea	4	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Fragments supérieurs à 2 mm (après traitement par flottation)

			Courbure		Ryt	hme			Combustion				
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Thylle	Insecte
Betula sp.	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corylus avellana	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	41	11	10	7	0	0	0	0	0	0	1	0	4
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0
Pomoïdée	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	14	1	3	4	0	1	2	0	1	0	1	0	0
Quercus sp.	43	8	12	12	10	1	5	3	1	0	0	2	0
Salix/Populus	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salix sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 14 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n° 006.

- <u>Mesures des largeurs de cernes : Prélèvement n° 006, fragments supérieurs à 2 mm (traitement par flottation)</u>

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	6	25	1,84	0,35	1,3	2,29
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	10	38	1,62	0,42	1,04	2,29

Fig. 15 – Tableau des mesures de largeurs de cernes (en mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire et un rythme de croissance régulier. Prélèvement n°006, fragments supérieurs à 2 mm (après traitement par flottation).

3.1.2. Interprétation

Prélèvement n°002

L'étude des deux sous-échantillons de ce prélèvement a permis d'observer neuf taxons. Par ordre d'importance on constate le chêne (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sp.*), quelques fragments de noisetier (*Corylus avellana*), puis des occurrences de saule / peuplier (*Salix sp.* / *Populus sp*), de saule (*Salix sp.*), de « chêne-châtaignier » (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*), de Pomoïdées (Pomoïdeae), de bouleau (*Betula sp.*) et d'aulne (*Alnus sp.*) (Fig. 10).

Le prélèvement est aussi caractérisé par beaucoup de graines. Ainsi plusieurs petits fragments provenant de la fraction comprise entre 2 et 0,5 mm se sont révélés être des fragments de graine type « céréale ».

La majorité des fragments présente des courbures de cerne fortes et intermédiaires. C'est donc surtout du bois de petit et moyen calibre qui a été utilisé. Toutefois, quelques charbons de hêtre et de chêne semblent provenir de bois de plus gros calibre (courbures de cerne faibles). On peut donc supposer l'utilisation du chêne et de hêtre pour l'entretien des combustions, le bois de saule, saule/peuplier, Pomoïdées, noisetier, bouleau, aulne, en plus de branches de hêtre et de chêne, étant utilisés pour l'allumage.

Le nombre de charbons présentant un aspect « dur-luisant » ou « fendu-luisant » est de l'ordre de 12% pour ce prélèvement ce qui correspond à une proportion assez faible. Ce résultat caractérise plutôt les combustions de contexte ouvert (ex. foyer ouvert).

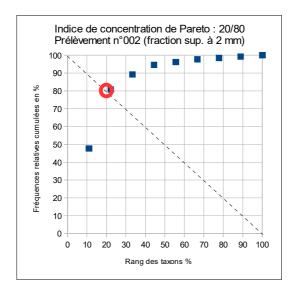


Fig. 16 – Indices de concentration de Pareto pour le prélèvement n°002 (fraction supérieure à 2 mm). Le principe du calcul de l'indice de concentration de Pareto repose sur le fait que dans les communautés végétales actuelles, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999).

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto sur les charbons du prélèvement n°002 montre qu'environ 20% des taxons représentent 80% des charbons. Le résultat s'approche donc du rapport d'équilibre connu entre biomasse et répartition des essences dans un écosystème végétal (Chabal *et al.*, 1999). Si l'on en croit cet indice, la composition anthracologique constatées est vraisemblablement issue de ramassages de « tout venant », peu sélectifs. Ce type de collecte de bois est souvent associé à des usages domestiques.

Des mesures de largeurs de cerne ont été réalisées sur une trentaine de charbons de chêne de faible courbure de cerne (Fig. 11). Les calculs ont permis d'obtenir des moyennes de l'ordre de 1,6 mm à 1,7 mm. Ces résultats sont caractéristiques de contextes de croissance plutôt difficiles. L'histogramme des valeurs (Fig. 11) montre une distribution « unimodale », ce qui indiquerait un approvisionnement en bois de chêne « unique ».

Enfin, notons plusieurs charbons de hêtre, souvent de gros calibre, avec des traces de xylophages.

La forme des galeries en plus de l'analyse des vermoulures (exemple image de couverture) et des « excréments » (tailles et formes, Fig. 18) permis d'avancer, avec l'aide de Magali Toriti (paléoentomologue, UMR 6566 CreAAH), l'hypothèse de la petite vrillette (*Anobium punctatum*).

Notons que l'*Anobium punctatum* se développe préférentiellement dans les bois secs et parfois œuvrés (bois de constructions, meubles...), même si on le rencontre aussi dans la nature. Il est donc possible que certains bois utilisés lors de la combustion soient issus de bois d'œuvre.

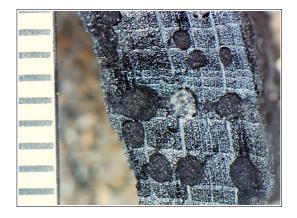


Fig. 17 Traces de galeries (vermoulures) de la petite vrillette (*Anobium punctatum*). Fragment de hêtre (*Fagus sylvatica*) en coupe transversale. Prélèvement n°002.



Fig. 18 Exemples d'unités « d'excréments » de xylophage identifiés à l'intérieur des vermoulures.

Prélèvement n°005

L'étude nécessita l'observation de 4 sous-échantillonnages (fractions des fragments supérieurs à 2 mm et compris entre 2 et 0,5 mm, avec ou sans traitement par flottation).

Le sous-échantillon issu du tamisage par flottation et de taille de fragments supérieurs à 2 mm se révéla être le plus informatif. 130 fragments ont été étudiés dans ce lot, permettant de déterminer huit taxons.

Les autres sous-échantillons ne permirent pas de détecter d'autres taxons. De nouveau, l'étude des fractions comprises entre 0,5 et 2 mm livrèrent beaucoup de restes de graines de type « céréale ». De ce fait, nous nous sommes davantage concentrés sur les lots de fragments supérieurs à 2 mm, plus informatifs du point de vue anthracologique.

En ce qui concerne les taxons observés, nous constatons par ordre d'importance le hêtre (Fagus sylvatica), suivi du chêne (Quercus sp.), du bouleau (Betula sp.), de l'érable (Acer sp.), du noisetier (Corylus sp.) et quelques occurrences de saule / peuplier (Salix sp. / Poupulus sp.), saule (Salix sp.) et chêne-châtaignier (Quercus sp. / Castanea sp.).

Les fragments proviennent principalement de bois de moyen et petit calibres en plus de brindilles. Ce sont donc plutôt des bois « jeunes », des branches, qui ont été brûlés. Néanmoins, une part non négligeable de charbons de hêtre (24%) et de chêne (14%) présentaient des courbures de cerne faibles. On peut supposer que des brindilles et bois de petit et moyen calibre d'essences diverses, ont été utilisés lors de phases d'allumage du feu. Quelques morceaux de hêtre et de chêne de plus gros calibre ont ensuite été utilisés pour entretenir les combustions.

Peu de charbons présentaient des aspects « luisants ». Rappelons que ces aspects sont généralement synonymes de contextes de combustion chauds et réducteurs (ex. fours ou charbonnages selon Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011). On peut donc supposer dans le cas ci-présent que les charbons proviennent d'une combustion en contexte ouvert.

Notons la détection de fentes de retrait sur quelques fragments. Il est donc possible qu'une partie des bois ait été brûlée à l'état « vert ».



Fig. 19 Coupe transversale d'un fragment de chêne de forte courbure de cerne, avec des fentes de retrait sur la partie extérieure (Prélèvement n° 005).

Des mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur des charbons de chêne de courbure intermédiaire et faible appartenant au lot n°005 (Fig. 13). Les calculs ont permis d'obtenir des moyennes de l'ordre de 1,37 à 1,66 mm avec toutefois des écart-types importants (0,93 et 0,75 mm). Ces résultats sont caractéristiques d'un contexte de croissance de structure « hétérogène ». Compte tenu des faibles effectifs observés, il faut néanmoins considérer ce résultat avec précaution.

Concernant la structure du boisement de provenance, nous avons remarqué sur certains fragments des dynamiques de croissance irrégulières, correspondant à des « ressauts de croissance », ce qui pourraient être la conséquence de traitements (coupes d'éclaircies ?) de type « taillis-sous-futaie » (Exemple Figure 20).

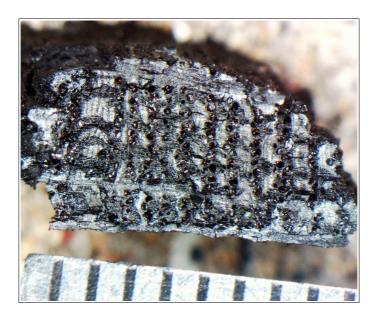


Fig.20 - Fragment de chêne (*Quercus sp.*) présentant un ressaut de croissance important (cernes plus larges sur la partie extérieure à gauche de l'image) comparé à la croissance régulière de la partie centrale (côté droite de l'image). Ce ressaut pourrait avoir été provoqué par une coupe d'un taillis-sous-futaie. Prélèvement n°005.

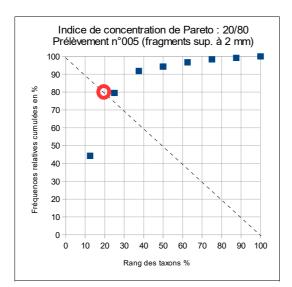


Fig. 21 – Indice de concentration de Pareto pour le prélèvement n°005.

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto sur les charbons du prélèvement n°005 montre qu'environ 20% des taxons représentent 80% des charbons. Le rapport d'équilibre connu entre biomasse et répartition des essences dans un écosystème végétal est donc là aussi respecté (Chabal *et al.*, 1999). La composition anthracologique constatées est donc probablement issue de ramassages de « tout venant », peu sélectifs.

Enfin, des galeries de xylophages ont régulièrement été détectées sur les fragments de hêtre. Il s'agit probablement d'*Anobium punctatum* (la petite vrillette) connue pour s'attaquer au bois sec, voire à du bois d'œuvre, infesté lors de l'utilisation du bois et après la mort de l'arbre.

Prélèvement n°006

Ce prélèvement a aussi fait l'objet de quatre sous-échantillonnages tenant compte des mailles de tamisages de 0,5 mm, de 2 mm, et des traitements, ou non, par flottation.

Comme pour les prélèvements n° 002 et n° 005, c'est le sous-échantillon de fraction supérieure à 2 mm issu du traitement par flottation qui s'est révélé le plus intéressant. 117 charbons ont été observés pour ce lot. Huit taxons y ont été identifiés. Il faut en plus ajouter le genre *Prunus* détecté dans le lot de fraction supérieur à 2 mm mais non soumis au traitement par flottation. Neuf taxons ont donc été identifiés dans le prélèvement n° 006.

On constate par ordre d'importance : le chêne (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), le chêne-châtaignier (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*), le bouleau (*Betula sp.*), le saule / peuplier (*Salix sp.* / *Poupulus sp.*), le noisetier (*Corylus sp.*), quelques occurrences de Pomoïdées, de saule (*Salix sp.*) et du genre *Prunus*.

Les fragments montrent des courbures de cerne hétérogènes. Les charbons correspondent principalement à des bois de petit et moyen calibre. Quelques fragments de chêne et de hêtre proviennent de bois de gros calibre, bois ayant probablement permis d'entretenir une combustion.

Les charbons présentant un aspect « dur-luisant » ou « fendu-luisant » sont assez rares. Ce constat caractérise plutôt les combustions en contexte aérobie.

Quelques fragments présentaient des fentes de retrait, caractéristiques de bois brûlé à l'état « vert ». Ce type de charbon est toutefois détecté de façon assez ponctuelle (une dizaine de fragments).



Fig. 22 Coupe transversale d'un fragment de chêne de forte courbure de cerne, avec des fentes de retrait (Prélèvement n° 006).

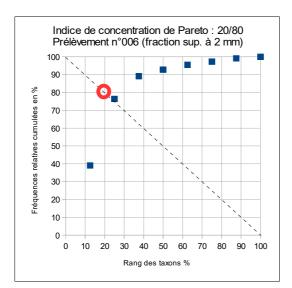


Fig. 23 – Indice de concentration de Pareto pour le prélèvement n°006.

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto sur les charbons du prélèvement n°005 montre qu'environ 20% des taxons représentent 78% des charbons. Le résultat se rapproche donc du rapport d'équilibre connu entre biomasse et répartition des essences dans un écosystème végétal (Chabal *et al.*, 1999). La composition anthracologique constatée est donc là aussi probablement issue de ramassages de « tout venant », peu sélectifs.

Des mesures de largeurs de cernes ont été effectuées sur une dizaine de fragments de chêne du prélèvement n°006 (fraction supérieur à 2 mm). L'étude a permis de calculer une moyenne de l'ordre de 1,8 à 1,6 mm (calcul sur des fragments de courbure faible à intermédiaire et rythme de croissance régulier). Ce qui correspond à des contextes de croissance difficiles, probablement un boisement fermé. Ce résultat repose néanmoins sur un très faible nombre de charbons mesurés.

Enfin, quelques galeries de xylophages ont de nouveau été détectées sur les fragments de hêtre. Il s'agit probablement de la petite vrillette (*Anobium punctatum*) déjà identifiée dans les prélèvements précédents.

3.2. Prélèvements provenant de l'US 1037.3

3.2.1. Résultats

• Prélèvement n°055

- Fragments supérieurs à 2 mm

			Courbure		Ryt	nme			Combustion			
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	11	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
. de brindille indéterr	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
llex aquifolium	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Indéterminé	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
Pomoïdée	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	3	0	0	3	0	0	0	0	1	0	1	0
Quercus sp.	7	1	2	3	3	0	0	1	0	0	0	2
Sambucus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Fragments compris entre 2 et 0,5 mm

			Courbure		Rytl	hme		Com	nbustion	
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin
Fagus sylvatica	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine (type Céréale)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°055.

• Prélèvement n°056

- Fragments supérieurs à 2 mm

			Courbure		Ryt	hme		Com	bustion	
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin
Betula sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Frag. os - dent	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine (type Céréale)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Pomoïdée	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Quercus sp.	4	1	3	0	1	0	0	2	0	0
Sambucus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Fragments compris entre 2 et 0,5 mm (après traitement par flottation)

			Courbure		Ryt	hme		Con	bustion	
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin
Fagus sylvatica	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine (type Céréale)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 24 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°056.

• Prélèvement n°057

- Fragments supérieurs à 2 mm

			Courbure		Ryt	hme			Combustion			
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Betula sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corylus avellana	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Fagus sylvatica	3	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
Graine (type Céréale)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0
Pomoïdée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	6	2	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1
Salix/Populus	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Fragments compris entre 2 et 0,5 mm

			Courbure		Rytl	hme		Com	nbustion	
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin
Fagus sylvatica	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine (type Céréale)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Quercus/Castanea	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 25 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement $n^{\circ}057$.

3.2.2. Interprétation

• Prélèvement n°055

L'analyse a principalement porté sur le sous-échantillon correspondant à la fraction supérieure à 2 mm. 32 charbons ont été étudiés dans ce lot permettant de déterminer sept taxons. L'étude de la fraction comprise entre 2 et 0,5 mm n'a pas livré de nouveaux taxons.

Par ordre d'importance on constate les essences suivantes : le hêtre (Fagus sylvatica), le chêne (Quercus sp.), le chêne-châtaignier (Quercus sp. / Castanea sp.), suivis de quelques occurrences de Pomoïdée, de sureau (Sambucus sp.), du genre Prunus, du noisetier (Corylus avellana) et du houx (Ilex aquifolium).

Les fragments proviennent essentiellement de bois de petit et moyen calibre. Seuls quelques fragments de hêtre présentent de faibles courbures de cerne et correspondraient à du bois de gros calibre, bois ayant probablement permis l'entretien d'une combustion.

Les fragments montrent rarement des aspects « luisants ». Il est donc probable que la combustion ait eu lieu en contexte ouvert.

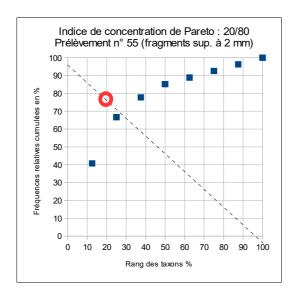


Fig. 26 – Indice de concentration de Pareto pour le prélèvement n°055.

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto sur les charbons du prélèvement n°055 montre qu'environ 25% des taxons représentent moins de 70% des charbons. Le résultats ne respecte donc pas le rapport d'équilibre connu entre biomasse et répartition des essences dans un écosystème végétal (Chabal *et al.*, 1999). La composition anthracologique constatées semblerait avoir fait l'objet de ramassages sélectifs.

<u>Remarque</u>: Il faut considérer ce résultat avec précaution car ce décalage pourrait être lié au faible nombre de fragments étudiés pour ce lot (seulement 27 charbons ont été identifiés), mais aussi à la détection de quelques fragments de « chêne-châtaignier », considéré comme un troisième taxon, et qui perturbent peut-être les proportions notamment au détriment du chêne.

Enfin, aucune galerie de xylophage n'a été détectée dans les charbons de ce prélèvement.

Prélèvement n°056

L'analyse a principalement porté sur le sous-échantillon de la fraction supérieure à 2 mm. 20 charbons ont été étudiés dans ce lot et 10 fragments dans le lot des fragments compris entre 0,5 et 2 mm.

Six taxons ont été identifiés dans ce prélèvement. Les trois taxons observés dans la fraction inférieure à 2 mm l'étaient aussi dans la fraction supérieure à 2 mm.

Par ordre d'importance on constate : le chêne (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), le chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*) et des occurrences de bouleau (*Betula sp.*), Pomoïdée, sureau (*Sambucus sp.*).

Au regard des courbures de cerne, les fragments proviennent principalement de bois de calibre intermédiaire (branches).

Les charbons montrent assez rarement des aspects luisants, la combustion a donc probablement eu lieu en contexte ouvert.

Aucune trace de galerie de xylophage n'a été observée dans ce prélèvement.

Prélèvement n°057

L'analyse s'est davantage portée vers le sous-échantillon avec les fragments supérieurs à 2 mm. Vingt charbons y ont été observés permettant la détermination de six taxons. Le lot avec les charbons de 2 à 0,5 mm a aussi été observé mais il n'a pas permis de révéler d'autres taxons. Par ailleurs beaucoup de fragments de graines de type « céréale » y ont été observés.

Par ordre d'importance on constate : le chêne (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sylvatica*) et quelques occurrences de bouleau (*Betula sp.*), noisetier (*Corylus avellana*), Pomoïdée, saule / peuplier (*Salix sp.* / *Populus sp.*).

Les fragments montrent des courbures de cerne hétérogènes. Quelques fragments de chêne proviennent de bois de gros calibre, bois ayant probablement permis d'entretenir une combustion.

Les charbons montrent peu d'aspects luisant ce qui caractérise plutôt une combustion en contexte ouvert.

Aucune trace de galerie de xylophage n'a été observée dans ce prélèvement.

4. SYNTHESE

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. 610 charbons ont été étudiés pour 16 lots provenant de deux US et six prélèvements.

L'analyse porte uniquement sur des prélèvements réalisés dans les niveaux de comblement de la fosse qui présentaient des concentrations de charbons. Il n'y a donc pas eu d'échantillonnages systématiques sur l'ensemble du site, ce qui nous auraient probablement donné davantage d'informations d'ordre paléoenvironnemental (aire de ramassage plus vaste et plus de biodiversité) (L. Chabal *et al.*, 1999).

- Tableaux de synthèse :

Structures, hypothèses archéolo- giques	Faits archéo- logiques	Datat ion de I'US	Taxons (par ordre d'impor- tance)	Hypothèses techniques	Types de boisements	Largeurs moyennes de cernes
Beauvais « théâtre » - Opération 11657 ;	trois prélèvements à l'intérieur du comblement : Lot n°002 ; Lot n°005 ; Lot n°006 ;	XIIIe - XIVe	Quercus sp., Fagus sylvatica., Corylus avellana, Betula sp., Salix sp., Acer sp., Quercus sp./Castanea sp., Pomoïdeae, Alnus sp., Prunus sp.	Rejets d'origine domestique (?): Sept taxons ont été systématiquement identifiés. Le chêne et le hêtre sont les mieux représentés, suivi du chêne/châtaignier, du noisetier, du bouleau, du saule et saule/peuplier. Plus ponctuellement nous avons aussi constaté de l'érable, du Prunus et Pomoïdée. La présence du hêtre, excellent combustible, appuie l'hypothèse de rejets de combustion. Les fragments proviennent pour beaucoup de bois de petit et moyen calibre. Quelques fragments de chêne et de hêtre proviennent de bois de gros calibre. On peut donc supposer que les bois de bouleau, noisetier, saule, saule/peuplier, Pomoïdée ont été utilisés lors des phases d'allumage, du bois de hêtre et de chêne ayant ensuite permis d'entretenir la combustion. Peu de fragments montraient des aspects luisants ce qui caractérise plutôt des combustions en contexte ouvert. L'indice de Pareto, calculé sur chacun des trois prélèvements, indique des compositions anthracologiques caractéristiques de ramassages de «tout-venant» (non sélectifs), ce qui est plutôt associé à des usages domestiques. Des galeries de xylophages ont été observées sur des charbons, surtout de hêtre, à l'intérieur des trois prélèvements. L'étude des galeries et des vermoulures désigne la petit vrillette (Anobium punctatum), xylophage qui se développe dans les bois secs et notamment dans le bois d'œuvre. Des fentes de retrait observées sur plusieurs charbons de chêne des lots n° 005 et n° 006 indiquent la combustion de bois à l'état «vert». Des ressauts de croissance des cernes ont été observés sur quelques charbons (lot n° 005). L'hypothèse d'une coupe à l'intérieur d'un taillis-sous-futaie est possible. De très nombreuses graines carbons des cernes ont été observés sur quelques charbons (lot n° 005). L'hypothèse d'une coupe à l'intérieur d'un taillis-sous-futaie est possible. De très nombreuses graines carbons des cernes ontété observés sur quelques charbons (lot n° 005). L'hypothèse d'une coupe à l'intérieur d'un taillis-sous-futaie est possible. De	Boisement de type chênaie- hêtraie (Fagus sylvatica., Quercus sp., Castanea sp., Acer sp.) Boisements ouverts, végétations de lisières ou landes- fourrés (Corylus avellana, Betula sp., Pomoïdeae, Prunus sp.) Boisements hygrophiles (Salix sp. / Populus sp., Alnus sp., Salix sp.)	Mesures sur fragments de chêne de courbure faible et intermédiaire : lot n° 002 Moy. = 1,66 mm (N=30 ; Ec-type = 0,7 mm) lot n° 005 Moy. = 1,66 mm (N=16 ; Ec-type = 1,21 mm) lot n° 006 Moy. = 1,62 mm (N=38 ; Ec-type = 0,42 mm) Les valeurs correspondent à des contextes de croissance plutôt difficiles. Notons l'homogénéité des moyennes obtenues pour les trois lots.

troi pré à l'i du con Lot Lot	élèvements 'intérieur	Quercus sp., Fagus sylvatica, Quercus sp./Castanea sp., Corylus avellana, Betula sp., Pomoïdeae, Sambucus sp., Ilex aquifolium, Prunus sp., Salix sp. / Populus sp.	Rejets d'origine indéterminée: Neuf taxons ont été identifiés dans les lots de cette US. L'analyse des trois lots montre une prédominance des charbons de chêne (Quercus sp.) et de hêtre (Fagus sylvatica). La présence du hêtre, excellent combustible, appuie l'hypothèse de rejets de combustions. Les fragments proviennent de bois de calibre hétérogène. Le bois de petit calibre a été utilisé lors des phases d'allumage du feu, les bois de plus gros calibre ayant permis «d'entretenir» des combustions. L'indice de concentration de Pareto calculé sur le lot n° 055 indique une composition anthracologique constituée d'un ramassage plutôt sélectif. Mais le calcul a été fait sur un faible effectif et le taxon « chêne-châtaignier » est peut-être artificiel. Très peu de charbons présentaient des aspects luisants ce qui caractérise plutôt les combustions en conditions ouvertes.	Boisement de type chênaie- hêtraie (Fagus sylvatica., Quercus sp., Castane a sp., Ilex aquifolium) Boisements ouverts, végétations de lisières ou landes- fourrés (Pomoïdeae, Ilex aquifolium, Prunus sp., Corylus avellana, Betula sp.) Boisements hygrophiles (?) (Salix sp. / Populus sp.)	
			plutôt les combustions en conditions	sp. /	

Fig. 27 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les deux US.

L'anthracologie mêle à la fois des résultats d'ordre « naturel » et « technique». Pour cette raison, l'interprétation ci-dessous s'articulera autour de deux grandes parties : des interprétations d'ordre environnemental et des interprétations d'ordre ethnographique.

- Informations d'ordre environnemental

Treize taxons anthracologiques ont été identifiés dans cette étude. Les taxons les plus utilisés sont par ordre d'importance : le chêne (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), puis dans une moindre mesure le chêne-châtaignier (*Quercus sp.* – *Castanea sp.*), le noisetier (*Corylus avellana*), le bouleau (*Betula sp.*), l'érable (*Acer sp.*), la famille des Pomoïdées, le sureau (*Sambucus sp.*), le genre *Prunus sp.*, le houx (*Ilex aquifolium*), le saule (*Salix sp.*), le saule / peuplier (*Salix sp.* / *Populus sp.*), l'aulne (*Alnus sp.*). Notons que les derniers taxons ne sont représentés que par quelques occurrences.

L'identification de ces taxons ligneux permet de proposer différentes associations écologiques de provenance (Rameau *et al.*, 1989) :

- le groupement forestier de la chênaie-hêtraie : chêne (Quercus sp.), hêtre (Fagus sylvatica), chêne-châtaignier (Quercus sp. / Castanea sp.) avec ponctuellement l'érable (Acer sp.) et le houx (Ilex aquifolium). Ce groupement est détecté dans l'ensemble des prélèvements. Il correspond au groupement forestier caractéristique de la période du Subbatlantique, largement détecté par la palynologie et majoritaire dans le nord de la France (Gaudin, 2004).
- les "landes-fourrés", lisières forestières, associations héliophiles : bouleau (Betula sp.), noisetier (Corylus avellana), Pomoïdées, prunelliers

(*Prunus sp.*), sureau (*Sambucus sp.*), le houx (*Ilex aquifolium*). Ces végétations attestent l'existence d'espaces ouverts dans l'aire de ramassage autour du site, espaces peut-être délimités par des haies? Ces boisements clairs peuvent aussi correspondre à des espaces en déprise agricole et recolonisés par des essences pionnières que sont le bouleau et le noisetier.

- les boisements hygrophiles sont perçus avec l'aulne (Alnus sp.), le saule / peuplier (Salix sp. / Populus sp.). Ces boisements étaient probablement localisés à proximité d'une zone humide. Ces taxons sont détectés en faible quantité, mais régulièrement, dans les lots de l'US 1037.1. En revanche, un seul fragment de saule / peuplier est détecté parmi les lots de l'US 1037.3 ce qui pourrait être lié à une différence au niveau de l'aire de ramassage.

Les mesures de largeurs de cernes réalisées sur des fragments de chêne de gros et moyen calibre ont permis de calculer des moyennes. Seuls les analyses des lots de l'US 1037.1 ont permis de rassembler suffisamment de charbons pour calculer des moyennes. De façon générale, on constate des valeurs moyennes centrées autour de 1,65 mm. Ces résultats montrent que les bois collectés proviennent de contextes de croissance plutôt difficiles.

De plus, nous avons constaté sur quelques fragments des « ressauts de croissance » (cf. exemple du prélèvement n°005, Figures 20 et 32). L'hypothèse de collecte de bois à l'intérieur de boisements de type « taillis-sous-futaie », mode de gestion forestier alternant des phases de croissances et d'éclaircies est probable (Fig. 28).

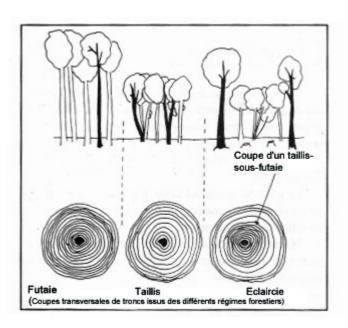


Fig. 28 – Schéma des trois régimes forestiers : futaie, taillis, taillis-sous-futaie.

- Informations d'ordre technique :

Le chêne, le hêtre sont les principales essences détectées. Plusieurs autres taxons accompagnent ces deux essences : « le chêne-châtaignier », le noisetier, le bouleau, l'érable, le saule /peuplier, le saule, l'aulne, les Pomoïdées, le sureau, le prunus. Notons que les feuillus à bois tendres tels que le saule, le peuplier, le bouleau flambent bien et rapidement, mais leurs braises durent peu. Ils n'ont que peu d'intérêt en tant que bois de chauffage ou combustible, si ce n'est leur utilisation pour le démarrage du feu. Les feuillus durs (ex. chêne, hêtre, aulne, châtaignier, fruitiers), plus denses, se consument plus lentement et dégagent davantage de chaleur à condition qu'ils soient bien secs. Ce sont donc de meilleurs combustibles.

Une part importante des compositions anthracologiques semble provenir de bois de petit et moyen calibre. Seuls des fragments de chêne et de hêtre proviennent de bois de gros calibre.

La détection de nombreux fragments provenant de bois de petit et moyen calibre pourrait être liée à des choix d'ordre « technique ». Ils sont d'une part plus faciles à couper et à collecter. D'autre part, ce type de bois produit une combustion intense et rapide, ce sont généralement des bois utilisés pour l'allumage. Quelques morceaux de bois de chêne et de hêtre de gros calibre ont aussi été utilisés pour la montée et l'entretien des combustions.

Il faut aussi évoquer une raison environnementale dans le choix des taxons. Au regard des irrégularités des croissances observées sur quelques fragments (ex. Fig. 20 et 32), il y avait probablement dans les environs des boisements traités en taillis-sous-futaie susceptibles de fournir de nombreuses essences ligneuses, à la fois héliophiles (boisements ouverts, avec le bouleau et le noisetier) et hygrophiles (en zone alluviale pour l'aulne et le saule/peuplier). De plus, le taillis-sous-futaie rend cohérent la collecte de bois de calibre hétérogène, car ce mode de gestion correspond à des coupes régulières d'arbres et de branches (cépées) tout en maintenant quelques arbres en place (baliveaux et arbres de réserve : chêne et hêtre) destinés à produire du bois de plus gros calibre et du bois d'œuvre (Fig. 29).

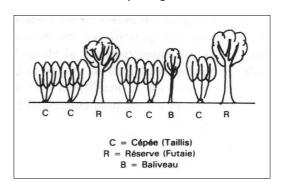


Fig. 29 - Illustration du mode de gestion de type « taillis-sous-futaie ».

La proportion des charbons « luisants » est relativement faible dans l'ensemble des prélèvements, ce qui pourrait correspondre à des combustions en contexte ouvert (conditions aérobies).

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto a permis de mettre en évidence des ramassages de « tout-venant » (non sélectifs) pour l'ensemble des prélèvements de l'US 1037.1. Ces résultats sont généralement caractéristiques d'usages domestiques. Toutefois, l'indice révèle une composition anthracologique issue d'un ramassage plutôt sélectif pour le prélèvement n° 055 (US 1037.3). Le résultat de

ce test est néanmoins à considérer avec précaution à cause du faible effectif étudié et du taxon « chêne-châtaignier » qui est peut-être artificiel.

Enfin, notons la détection de galeries attribuées à la petite vrillette dans un certain nombre de fragments de hêtre de l'US 1037.1. L'Anobium punctatum se développe préférentiellement dans les bois secs et parfois œuvrés (bois de constructions, meubles...). Une partie du bois brûlé provient donc de bois sec. Néanmoins nous avons aussi observés sur quelques fragments des fentes de retrait (ex. Figures 19 et 22) ce qui caractérise la combustion de bois « vert ». De nouveau, la qualité du bois utilisé semble donc assez hétérogène.

 Comparaison des résultats obtenus pour les ensembles anthracologiques des deux US :

Points communs:

- → c'est principalement du bois de petit et moyen calibre de différentes essences qui est identifié. Les quelques fragments provenant de bois de gros calibre correspondent à du chêne et du hêtre.
- → L'approvisionnent dans un boisement de type « tailis-sous-futaie » est probable dans les deux cas. Ce qui expliquerait l'hétérogénéité des calibres perçus (petit, moyen et gros calibre) et la détection d'essences héliophiles (ex. bouleau, noisetier, Pomoïdées et *Prunus sp.*)

Points différents:

- → l'indice de concentration de Pareto semble montrer une différence entre les deux US : un ramassage de « tout venant » pour l'US 1037.1 et un bois plutôt sélectionné (?) dans l'US 1037.3.
- \rightarrow la plupart des taxons est détectée à la fois dans les deux US. Néanmoins, on constate la présence du sureau, du houx uniquement dans les lots de l'US 1037.3. En revanche, l'érable, l'aulne ne sont détectés que dans les lots de l'US 1037.1.
- \rightarrow il semble y avoir une différence concernant l'aire de ramassage des bois. Si des essences de bois hygrophiles (aulne, saule, saule / peuplier) sont régulièrement détectées parmi les fragments de l'US 1037.1, seul un fragment de saule/peuplier a pu être observé dans les lots de l'US 1037.3.
- \rightarrow Les galeries de xylophage ne sont détectées que dans les lots de l'US 1037.1.

5. BIBLIOGRAPHIE ET REMERCIEMENTS

BLAIZOT F., FABRE L., WATTEZ J., VITAL J., COMBES P., 2004 - *Un système énigmatique de combustion au Bronze moyen sur le plateau d'Espalem (canton de Blesle, Haute-Loire)* In: Bulletin de la Société préhistorique française. tome 101, N. 2. pp. 325-344.

CHABAL L., 1997 – Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive) L'anthracologie, méthode et paléoécologie. Documents d'Archéologie Française. Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 63, p. 18-61.

CHABAL L., FABRE L., TERRAL J.-F. and THERY-PARISOT I., 1999 - L'anthracologie. In BROCHIER J.E., BOURQUIN-MIGNOT C., CHABAL L., CROZAT S., FABRE L., GUIBAL F., MARINVAL P., RICHARD H., TERRAL J.-F., THERY I. (éds.), Errance (Collection "Archéologiques"). La Botanique, Paris, 207 p.

GAUDIN L., 2004 – Les transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléo-paysagères. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 2 tomes, 768 p.

MARGUERIE D., BERNARD V., BEGIN Y., TERRAL J.-F., 2010 – Dendroanthracologie p. 311-347 in PAYETTE S., FILION L., *La Dendroécologie : Principes, méthodes et applications.* Presses de l'Université Laval, Québec

MARGUERIE D., HUNOT J.-Y. 2007 – Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in nortn-western France. Journal of Archaeological Science. p. 1417-1433

MARGUERIE D., 1992a - Évolution de la végétation sous l'impact humain en Armorique du Néolithique aux périodes historiques. Travaux du Laboratoire d'Anthropologie Rennes, 40, 262 p.

MARGUERIE D., 1992b - Charbons de bois et paléoenvironnement atlantique. *Dossier A.G.O.R.A. Les bois archéologiques*, n°2, p. 15-20.

OILIC J.-C., 2011 – Végétation, peuplement, métallurgie en Brocéliande : étude interdisciplinaire de la forêt de Paimpont (Bretagne, France) depuis le Tardiglaciaire. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 320p.

PRIOR J., ALVIN K. L., 1986 – Structural changes on charring woods of Dichrostachys and Salix from southern Africa: The effect of moisture content. International Association of Wood Anatomists. Bulletin (Special issue), 7, p. 243 – 249.

RAMEAU J.C., MANSION D. et DUME G., 1989 - Flore forestière française, guide écologique illustré. T.1, plaines et collines, Institut pour le développement forestier, Paris, 1785 pages.

SCHWEINGRUBER F. H., 1982 - Microscopic Wood Anatomy. Flück-Wirth, Teufen.

SCHWEINGRUBER F. H., 2011 - Anatomie europäischer Hölzer – Anatomy of European Woods. Verlag Kessel , 800 pages.

Remerciements à Magali Toriti, Paléoentomologue, UMR 6566 – CreAAH, pour l'aide apportée concernant les galeries de xylophage.

6. ANNEXE



Fig. 30 – Coupe radiale d'un fragment de hêtre présentant des galeries de xylophage. Prélèvement n° 002, grossissement x5.



Fig. 31 – Coupe transversale d'un fragment de bouleau (*Betula sp.*) de forte courbure de cerne avec écorce. Prélèvement n° 005, grossissement x15.



Fig. 32 – Coupe transversale d'un fragment de chêne (*Quercus sp.*) montrant des irrégularités de croissance. Prélèvement n°005, grossissement x5.



Fig. 33 – Coupe transversale d'une brindille de chêne (*Quercus sp.*). Prélèvement n°005.