



ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSE DES FRAGMENTS CHARBONNEUX PRÉLEVÉS
LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE « DES ABORDS
DU THÉÂTRE » À BEAUVAIS (60).**

OPÉRATION 12776



**Service Archéologique
VILLE DE BEAUVAIS**

Rapport d'étude anthracologique

Janvier 2021

Service archéologique – Ville de Beauvais

Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération archéologique « des abords du théâtre » à Beauvais (60).

Opération 12776.

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

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

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Janvier 2021

Illustration de la page de couverture :

Fragment d'une petite branche de noisetier (Corylus avellana), section entière vue en coupe transversale sous loupe binoculaire grossissement x7 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement de l'Us 452 (Comblement de la fosse / latrines).

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	7
2.1. Équipement d'observation.....	7
2.2. Méthodologie.....	8
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	13
2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration ».....	15
2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	17
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....	20
3.1. Prélèvements de l'Us 531 (Fond de fosse 344).....	20
a. Résultats.....	20
b. Interprétations	20
3.2. Prélèvement de l'Us 522 (« Planche » identifiée dans la fosse 344).....	22
a. Résultats.....	22
b. Interprétation.....	22
3.3. Prélèvement de l'Us 452 (comblement de Fosse / latrines).....	23
a. Résultats.....	23
b. Interprétation.....	24
4. BILAN.....	27
5. BIBLIOGRAPHIE.....	31
6. ANNEXE – Photographies.....	33

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés à l'intérieur de comblements de fosses / latrines médiévales, lors d'une fouille menée sur les abords du théâtre à Beauvais (60).

Au regard du contexte archéologique et des premiers éléments d'interprétation du site, l'analyse a été menée en fonction de trois objectifs :

- Tenter de percevoir l'origine des rejets de charbons. A-t-on affaire à des restes de combustible ou de bois d'œuvre (restes de cuvelage?),
- tenter de caractériser la qualité du combustible utilisé sur le site. En déduire si les assemblages ont fait l'objet de pratiques de charbonnage, s'ils sont plutôt caractéristiques d'usages domestiques ou artisanaux,
- caractériser les boisements qui existaient dans les aires de ramassage.

Cette opération a été menée par le service archéologique de Beauvais. L'étude a été commandée par le service avec l'accord de son directeur, Monsieur Fémolant.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les restes anthracologiques proviennent de trois unités stratigraphiques identifiées dans des comblements de fosses / latrines. Les prélèvements ainsi que quelques éléments d'interprétation sont listés dans le tableau suivant (Fig. 1).

Les charbons étudiés ont fait l'objet de tamisage par flottation par le service archéologique (maille de 2 mm).

L'ensemble des échantillons a été observé. 241 charbons ont été étudiés.

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE			
Commune :		Beauvais (60)	
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		abords du théâtre	
Année :		2021	
N° OA :		12776	
Resp. d'Op. - commanditaire		J.-M. FEMOLANT	
Type d'opération :		fouille préventive	
Période d'analyse pressentie		Début 2021	

Ref. Stratigraphique	Description	Période / date	Effectifs des fragments observés
Us 452	Fosse / latrines	Moyen-Age	200
Us 522	Planche dans 344	Moyen-Age	10
Us 531	Fond de 344, fosse	Moyen-Age	31
			241

Fig. 1 – Tableau de description synthétique des prélèvements du site, description des structures de provenance et comptages.

Les fragments étudiés pour les Us 522 et Us 531 correspondaient à des bois gorgés d'eau, non carbonisés. Les éléments prélevés proviennent potentiellement de mêmes pièces de bois. Pour les prélèvements des Us 522 et Us 531, quelques dizaines de fragments seulement ont été observés.

En revanche, l'ensemble de l'Us 452 était entièrement composé de fragments charbonneux. Le prélèvement livré était en quantité importante (plusieurs milliers de charbons). Nous avons donc dû procéder à un sous-échantillonnage.

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 identifications des taxons afin de déterminer des seuils, ou effectifs, au delà desquels l'apport de nouvelles essences ne paraît plus « rentable ».

La courbe « effort-rendement » réalisée pour le prélèvement de l'US 452 (comblement de la fosse / latrines), prélèvement comprenant neuf taxons anthracologiques, montre un seuil compris entre 40 et 60 charbons (Fig. 2). Ce seuil a largement été atteint, puisque 200 fragments ont été observés pour ce lot.

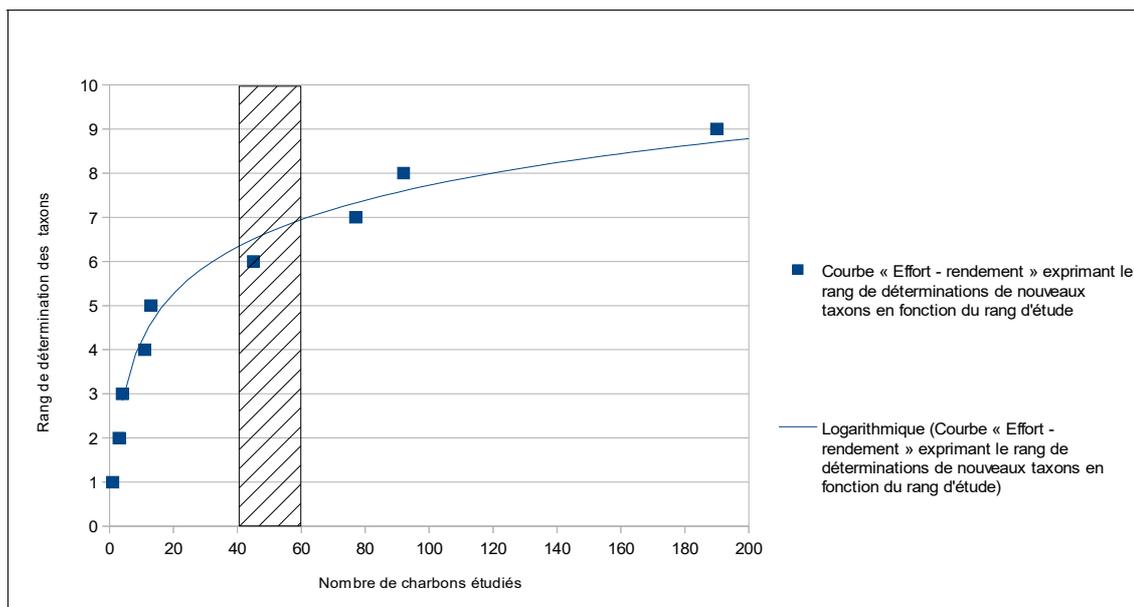


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement de l'Us 452. Dans cet exemple, le neuvième taxon (*Betula sp.*) a été observé au rang 190 et le seuil « d'effort - rendement » se situe entre 40 et 60 charbons.

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 : estimations des calibres, types de combustion, traces de découpes, de xylophages, etc... Les courbes « effort-rendement » étant basées sur la diversité taxonomique, nous n'avons donc pas jugé judicieux de nous baser exclusivement sur les seuils obtenus pour établir des effectifs d'échantillonnages représentatifs.

En concertation avec l'archéologue et en fonction de l'enveloppe allouée pour cette étude, nous avons choisi d'étudier les prélèvements de façon la plus exhaustive possible, en poussant l'observation jusqu'à environ 200 charbons.

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.



Fig. 3 - 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.

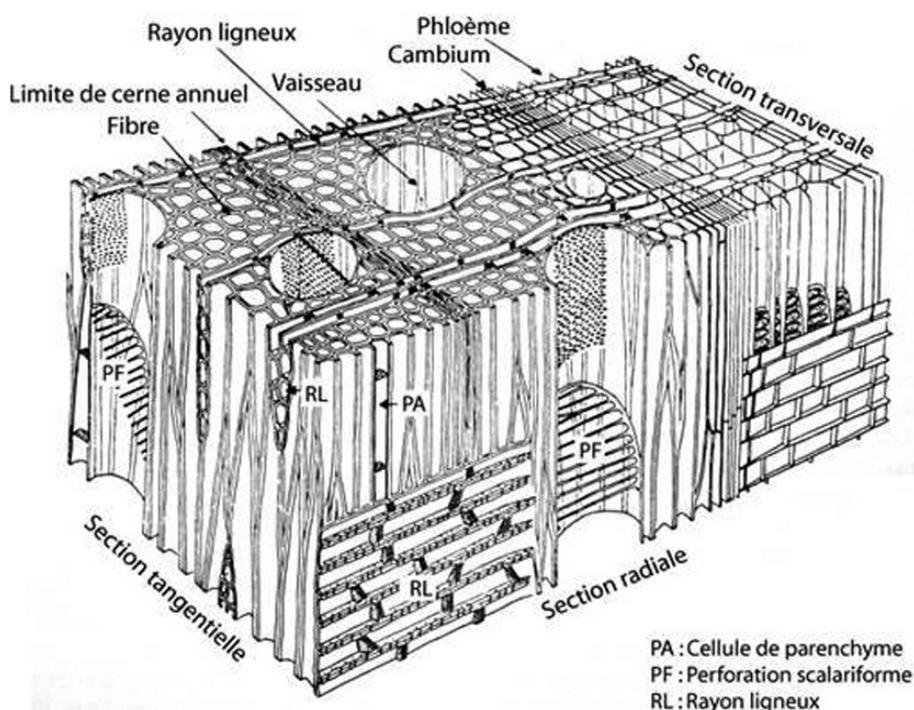


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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'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 / Castanea* » 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 présents 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 :

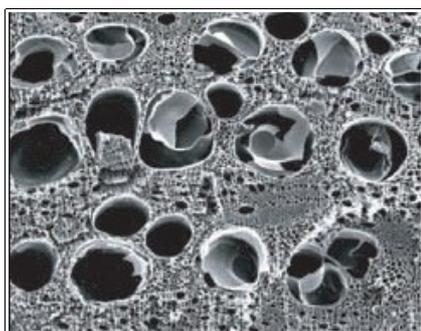
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- **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**

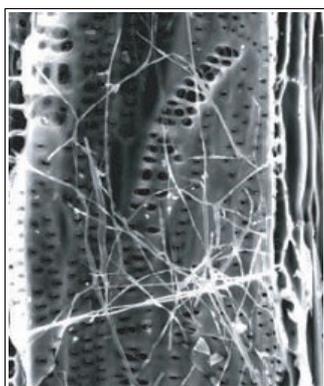
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne 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.

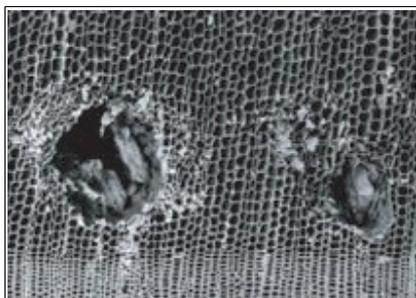
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

- 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.

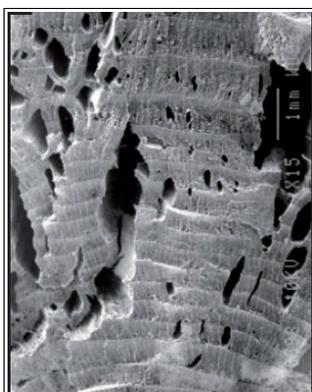


La présence de tels tunnels est plutôt un indicateur de bois morts, mais il existe parfois des bois vivants dont l'aubier peut être logiquement attaqué (Marguerie *et al.*, 2010).

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 (Oilic, 2011). 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. Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation des tissus, une apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 1982). Prior et Alvin y voient la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior et Alvin, 1986), néanmoins ce seul critère serait remis en cause par McParland *et al.*, (2010). De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaérobies" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer ce phénomène de vitrification selon Blaizot *et al.* (2004). Selon H. Seignac (Nicolas *et al.*, 2013), la vitrification demeure un phénomène qui n'a jamais été reproduit en contexte expérimental mais on retrouve des charbons vitrifiés dans deux types de structures : les fours de réduction et les charbonnières. Elle reste un phénomène complexe, dépendant à la fois de la nature du combustible (bois vert ou sec, calibre, essence) et de son contexte de combustion (température, degré d'oxygénation).

En 2011, J.-C. Oilic réutilisa une classification du « degré de vitrification » de D. Marguerie et J.-Y. Hunot (2007).

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

1. Aspect mat : Cet aspect correspond au degré 0 de la vitrification. Les charbons ont tous un aspect mat, gris ou noir.

2. Aspect luisant : les charbons ont un aspect gris foncé à clair très brillant.

3. Aspect fondu : Cette catégorie regroupe l'ensemble des charbons qui présentent des plages extrêmement brillantes, où les structures anatomiques du bois ont complètement disparues.

4. Aspect scoriacé : cet aspect correspond au dernier degré de vitrification. Les charbons de bois 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 parois cellulaires peuvent être observés, seuls témoins de l'origine végétale de l'échantillon et qui permettent de le distinguer d'une scorie en contexte sidérurgique.

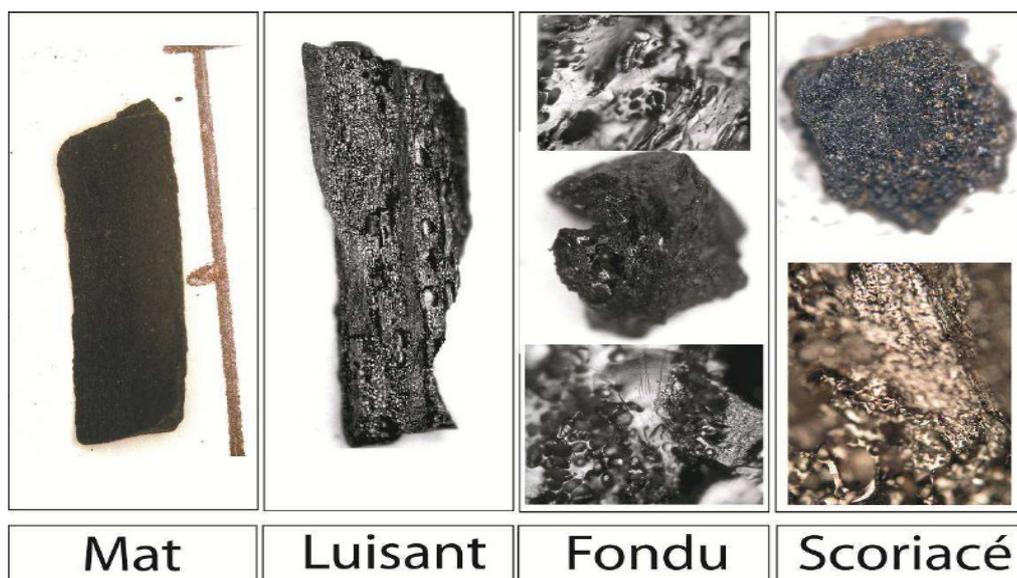
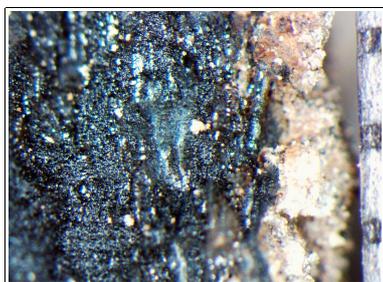


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

J.-C. Oilic expérimenta différents types de combustions afin d'associer les aspects des charbons (pourcentages) à des pratiques de charbonnage, de grillage et à l'utilisation de bas-fourneaux, de haut-fourneaux.



Remarque : l'aspect de certains charbons n'a pu être qualifié par cette classification. Quelques charbons avaient en effet un aspect « granuleux », avec des structures anatomiques indéterminées. Cet aspect se différencie de l'aspect « scoriacé » par le fait qu'il ne semble pas se produire de phénomène de « fusion » des parois cellulaires. Un cinquième aspect « granuleux » (Fig. 10) a donc parfois été utilisé.

Fig. 10 – Exemple de fragments charbonneux avec un aspect « granuleux ».

- **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 initial (bois de printemps) du bois final (ou bois d'été). Par exemple, l'arrêt brutal de la croissance du bois de printemps permet de situer l'abattage au printemps.

- **le travail du bois** (traces d'abattage, d'élagage, de façonnage ...).

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 (types de courbure, types de combustion, occurrences de thylles, traces d'insectes...). Néanmoins, une partie des charbons n'a 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 petites 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). En revanche, un milieu plus ouvert est riche en bois à croissance rapide (cernes larges).

Une synthèse des résultats réalisés sur le Massif armoricain (Marguerie et Hunot, 2007) a permis de montrer une évolution des largeurs de cerne en fonction du temps.

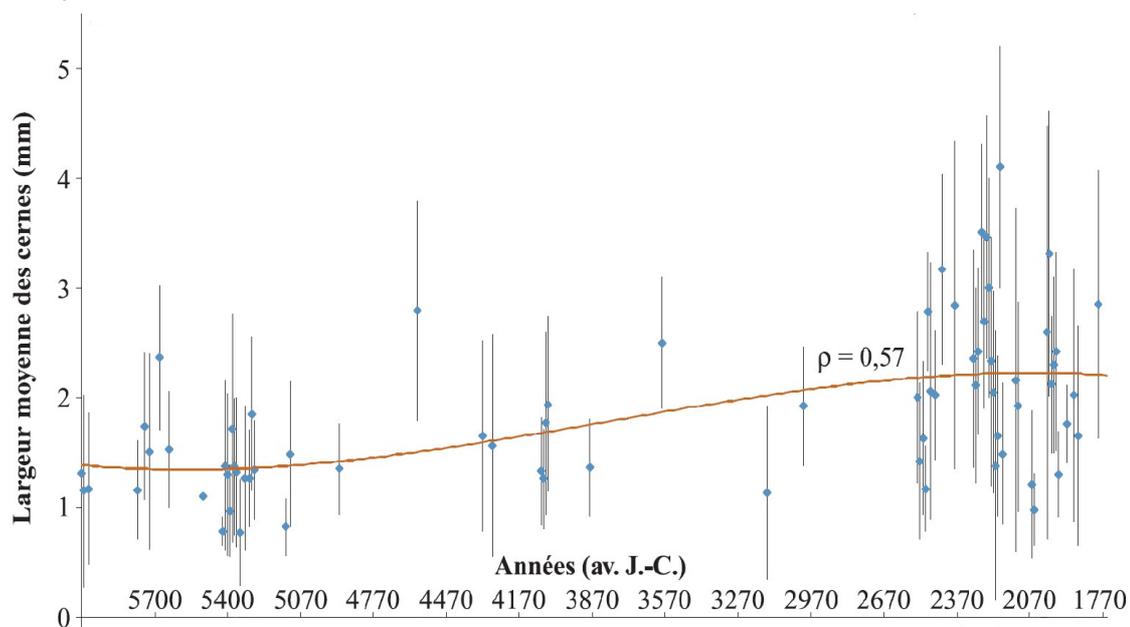


Fig. 11 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie et al., 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 11). On constate des valeurs comprises entre 1 et 2 mm au cours du Néolithique puis une augmentation régulière de ces valeurs au moins jusqu'au début de l'Antiquité. Cette évolution est principalement interprétée par l'effet de l'ouverture du paysage. Les boisements fermés du Néolithique se concrétisent par des croissances difficiles (moyennes des largeurs de cerne comprises entre 1 et 2 mm) et vont progressivement céder la place à des boisements plus clairs et des formations de types lisières, haies, plus favorables à la croissance des arbres (moyennes comprises entre 4 mm et 1 mm). On note toutefois une hétérogénéité des valeurs durant l'Age du fer indiquant probablement la coexistence de milieux plus ouverts mais aussi de milieux fermés.

De nos jours, les croissances recherchées par les forestiers dans le cadre de gestions sylvicoles de type futaie sont de l'ordre de 5 mm / an.

Remarque. Il n'existe actuellement pas de synthèse régionale.

- Estimation du calibre des arbres, recherche du diamètre des arbres utilisés : Mesures des calibres

L'observation des courbures des cernes renseigne sur l'origine des bois carbonisés.

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 12). Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera la provenance d'au moins une pièce de bois de gros calibre : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

Remarque : L'interprétation doit s'appuyer sur des ensembles statistiquement représentatifs. Par exemple, l'interprétation de bois de petit calibre pourra se faire uniquement si l'on est en présence exclusivement de fragments de courbure de cerne forte. En revanche, l'observation dans un même ensemble de fragments avec à la fois des courbures faibles, intermédiaires et fortes ne permet pas de conclure sur la composition exacte du calibre des bois utilisés. Dans ce cas, seule l'utilisation pour une partie au moins de bois de gros calibre peut être avancée.

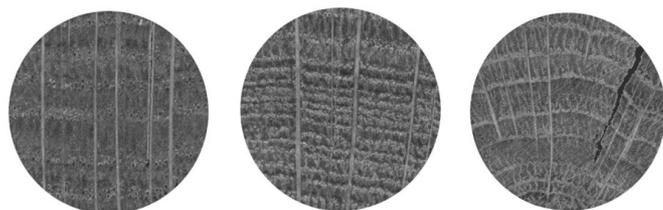


Fig. 12 - Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration »

La technique dite de « calibration » a pour objectif d'estimer le diamètre minimum des arbres. Cette approche permet de mesurer les calibres minimum à partir de l'angle que forment les rayons ligneux entre eux. Il est ensuite possible de les répartir dans chacune des classes de calibre de façon à mieux appréhender les calibres réellement utilisés (Dufraisse *et al.*, 2011).

La mesure des calibres s'effectue à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image. Une loupe binoculaire équipée d'une caméra et couplée à un ordinateur permet la capture de l'image du charbon à mesurer. Les grossissements 7x à 40x ont été utilisés.

Selon N. Marcoux (2009), la capture est à effectuer sur la partie la plus externe du charbon de façon à estimer au mieux son calibre. Deux droites correspondant à des rayons ligneux sont dessinées : d1 et d2 (Fig. 13). Si la marge extérieure du charbon suit la courbure des cernes, une droite d est tracée entre les points de croisement des droites d1 et d2 et la bordure du charbon. La distance d et l'angle a formé par les deux droites d1 et d2 sont les données utilisées dans le calcul trigonométrique basé sur le sinus (Fig. 13).

Dans ces exemples, il est préconisé d'utiliser la marge extérieure du charbon de bois de façon à estimer au mieux son calibre. Il s'avère parfois que dans cette partie, les rayons ligneux présentent une déviation liée vraisemblablement à une déformation du charbon. Dans ce cas, il est plus judicieux d'effectuer les mesures dans une partie saine du charbon et d'ajouter ensuite au rayon la distance entre le lieu de ces mesures et la marge externe du charbon.

Il est important de noter que les expérimentations ayant pour but de vérifier la méthode de mesures et de répartition des calibres ont montré que les calibres les plus gros sont sous-représentés dans les résultats (Paradis S., 2007) d'une part parce que les parties périphériques des bûches sont davantage consommées, diminuant l'effectif des restes carbonisés de ces calibres, et d'autre part parce que le bois se rétracte au moment de la combustion, diminuant d'autant le diamètre.

Ces mesures nécessitent des analyses d'images qui ont été réalisées au laboratoire ArkéoMap sous stéréomicroscope Olympus (SZX7).

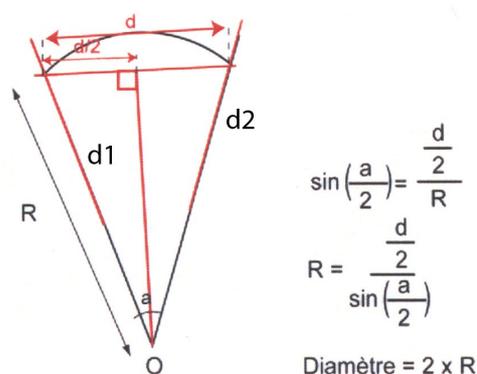


Fig. 13 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

Par la suite, c'est la fréquence des effectifs des rayons obtenus qui va permettre d'estimer le rayon des arbres utilisés. En toute logique, les charbons les plus à l'extérieur (et donc avec les plus fortes positions radiales calculées) sont aussi les plus nombreux. (Cf. Fig. 14, principe des histogrammes de fréquences, selon Dufraisse *et al.*, 2011). Le rayon de l'arbre pourra ainsi être estimé en prenant la classe de diamètre maximale.

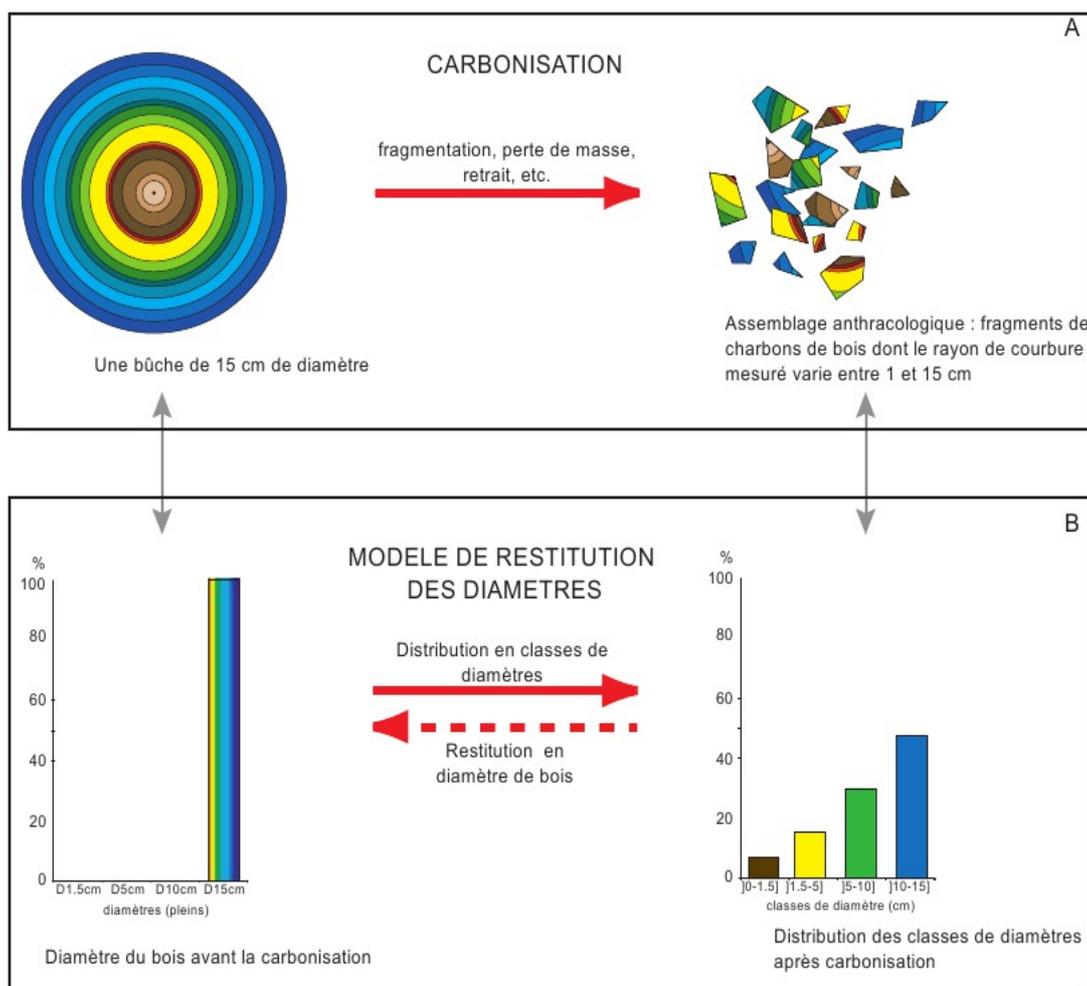


Fig. 14 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

Remarque : Dans le cadre de cette étude, la quasi-totalité des fragments provient à de bois de petit calibre, et bien souvent il a été possible d'identifier le centre de la tige (moelle). Dans ce cas, nous avons directement mesuré le rayon du fragment dans sa longueur maximale. Nous avons discerné les fragments présentant **une section entière** (présence à la fois de moelle et de l'écorce), des fragments présentant **une section partielle** (mesure du rayon depuis la moelle jusqu'à la partie la plus extérieure du fragment, Fig. 25).

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

L'étude a permis de déterminer dix taxons anthracologiques. On constate respectivement neuf taxons pour le prélèvement de l'Us 452 (chêne, chêne-châtaignier, bouleau, érable, noisetier, Fabacée type genêt, bruyère, cornouiller, saule/peuplier), un taxon pour le prélèvement de l'Us 522 (le hêtre) et un taxon pour les prélèvements de l'Us 531 (noisetier).

La composition taxonomique des ensembles étudiés doit être interprétée en tenant compte de choix particuliers de combustibles. En effet, la richesse taxonomique qui est parfois constatée n'est pas forcément le reflet d'une formation végétale ligneuse naturelle environnant le site. En l'absence de véritable association taxonomique, il n'est alors pas possible d'avancer d'interprétation d'ordre paléo-écologique solide.

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

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 autrefois estimé en métallurgie (Rameau *et al.*, 1989). Il donne de bonnes braises et sa combustion est excellente. 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.*) sur ce site reste hypothétique : d'une part 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.*).

Le hêtre (*Fagus sp.*) est une espèce de forêt caducifoliée (chênaie - hêtraie) de large amplitude. Il appartient le plus souvent à des forêts fraîches et mûres. 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. Il n'a été identifié que pour le prélèvement de l'Us 522 (planche?).

L'érable (*Acer sp.*) et plus particulièrement l'érable champêtre dans l'aire considérée, 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. L'érable fait partie des bois « semi-lourds » (environ 500 Kg / m³), c'est donc un bois qui possède un bon pouvoir calorifique.

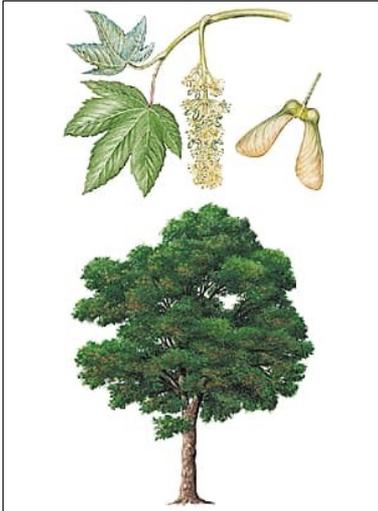


Fig. 15 - Représentation de l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

Le **noisetier** (*Corylus avellana*) 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 termes 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 constituent de bons bois d'allumage surtout sous la forme de brindilles (flamme longue, claire, sans fumée), ils dégagent beaucoup de chaleur et une combustion rapide.



Fig. 16 - Représentation du noisetier (*Corylus avellana*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

Les **Fabacées** ligneuses forment une famille regroupant notamment le genêt (*Cytisus sp.*) et les ajoncs (*Ulex sp.*). Ce sont des essences héliophiles voire de demi-ombre se rencontrant surtout dans des landes arbustives (ou « landes fourrés ») et les friches. On peut retrouver aussi ces taxons en lisières de forêts caducifoliées, dans des bois clairs, dans des haies. Les associations de landes arbustives se retrouvent souvent dans des secteurs en cours de recolonisation végétale suite par exemple à une levée de pression des activités humaines (ex. terres cultivées abandonnées, espaces défrichés puis abandonnés...). Ces essences fournissent du bois de petit calibre, utiles notamment pour l'allumage des combustions.

Le **saule** (*Salix sp.*) et le **peuplier** (*Populus 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.

Le cornouiller (*Cornus sp.*) est un genre qui correspond potentiellement à deux espèces d'arbres dans l'aire considérée : le cornouiller sanguin (*Cornus sanguinea*) et le cornouiller mâle (*Cornus mas*). Ce sont des arbustes héliophiles et poussant sur des sols riches en bases (pH basique à légèrement acide). On les trouve dans les bois de types chênaies, chênaies-hêtraies, forêts ripicoles, lisières forestières, haies, fourrés et friches. Il est utilisé en marqueterie, dans la confection d'outils... Le cornouiller mâle est réputé pour fournir un excellent bois de chauffage. Ses fruits sont comestibles à maturité. Les fruits du cornouiller sanguin donnent une huile utilisée autrefois pour l'éclairage et la fabrication du savon.

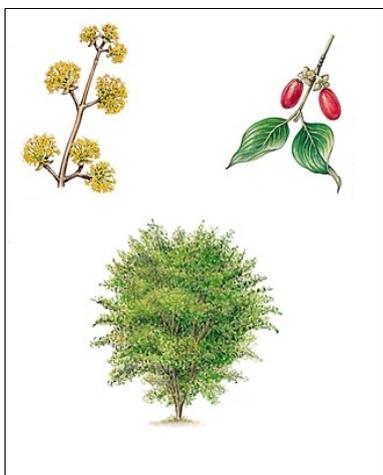


Fig. 17 – Représentation du cornouiller mâle (*Cornus mas*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

Les **Ericacées** correspondent à une famille comprenant de très nombreux genres (Ex. callunes, bruyères cendrées, bruyères ciliées...). Dans l'aire géographique considérée on les retrouve dans les formations ouvertes : landes, tourbières, lisières forestières (chênaies et hêtraies), pelouses, bois clairs.

Dans le cadre cette étude, un seul fragment d'Ericacées a été détecté. Il s'agit probablement d'un charbon de **callune** (*Calluna vulgaris*).

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les résultats sont présentés par structure de provenance.

3.1. Prélèvements de l'Us 531 (Fond de fosse 344)

a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme			Combustion				Assise cambiale (écorce)	
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud		Moelle
Us 531-1-1	Indéterminé	6	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Us 531-1-2	Indéterminé	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Us 531-1-3	Frag. écorce	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Indéterminé	8	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Us 531-1-4	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Frag. écorce	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Us 531-1-5	Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Us 531-1-6	Frag. écorce	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Us 531-1-7	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 18 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements de l'Us 531 (Fond de fosse 344).

b. Interprétations

Sept prélèvements ont été réalisés dans l'Us 531. Ils correspondent à des fragments ligneux, souvent encore gorgés d'eau. C'est donc le contexte anaérobie qui a permis la conservation des bois dans cette Us.

Les cassures sur le bois gorgé d'eau donnent souvent lieu à des « arrachements » ou des « écrasements », ce qui rend les plans de coupe et les structures microscopiques du bois peu lisibles.

Deux fragments ont tout de même été identifiés comme étant du noisetier (*Corylus avellana*). (Prélèvements « Us 531-1-4 » et « Us 531-1-7 », Fig. 19)

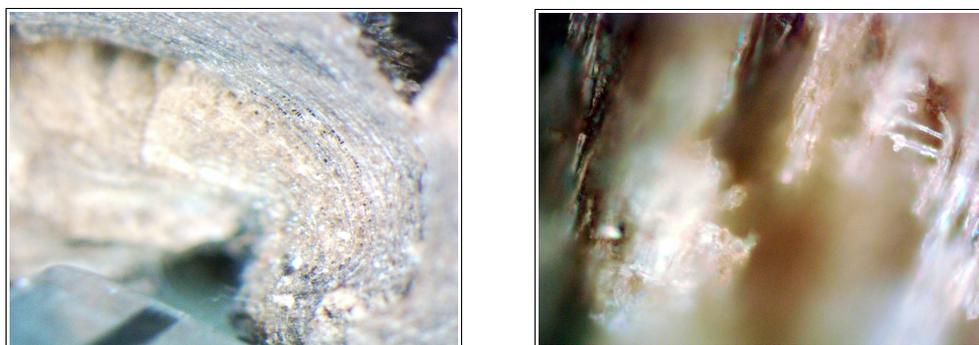


Fig. 19 - Photographies d'un fragment de noisetier du prélèvement 531-1-4. L'image de gauche montre le plan transversale du bois avec une porosité diffuse à tendance radiale (grossissement x25, l'échelle représente des millimètres). L'image de droite montre une perforation scalariforme observée sur le plan radial, caractéristique du noisetier (grossissement x 500).

Les bois fossiles sont souvent apparus déformés à cause d'effets de compression. Toutefois, il a parfois été possible de reconnaître les grands traits anatomiques du bois comme la moelle et l'écorce (Fig. 20).

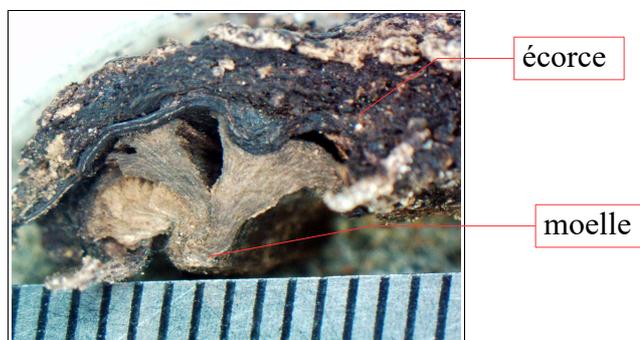


Fig. 20 - Fragment de bois montrant une courbure de cerne importante, l'écorce est encore bien présente sur la partie extérieure (prélèvement 531-1-4, grossissement x7). L'échelle représente des millimètres.

Les fragments observés montrent de fortes courbures de cerne (Fig. 20), il s'agit donc de petites branches.

De plus, des mesures de rayon ont pu être effectuées lorsque la moelle et l'écorce étaient à la fois visibles. Ces mesures permettent d'estimer des diamètres de l'ordre de 1 à 2 cm maximum.

Il ne s'agit donc pas de « planchettes » qui auraient pu servir de cuvelage. Cependant, l'hypothèse de tiges végétales utilisées dans la construction d'un « clayonnage », par exemple pour maintenir les parois, n'est pas à exclure.

3.2. Prélèvement de l'Us 522 (« Planche » identifiée dans la fosse 344)

a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
<i>Fagus sylvatica</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	9	0	2	0	0	0	0	0	0

Fig. 21 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'Us 522 (Fosse 344).

b. Interprétation

Les fragments observés à l'intérieur du prélèvement correspondent à du bois gorgé d'eau. Les restes avaient une couleur jaune claire. Comme pour l'Us 531, c'est le caractère anaérobie du contexte qui a permis la conservation du bois.

Compte tenu de la nature des restes (bois gorgé d'eau), il n'a pas été facile d'observer les structures microscopiques. Toutefois, l'observation du plan transversal des fragments a révélé un bois de porosité diffuse. De plus, de nombreux rayons multi-sériés, parfois de plus de 20 cellules de larges, ont été observés, ce qui est assez caractéristique du bois de hêtre (*Fagus sylvatica*).

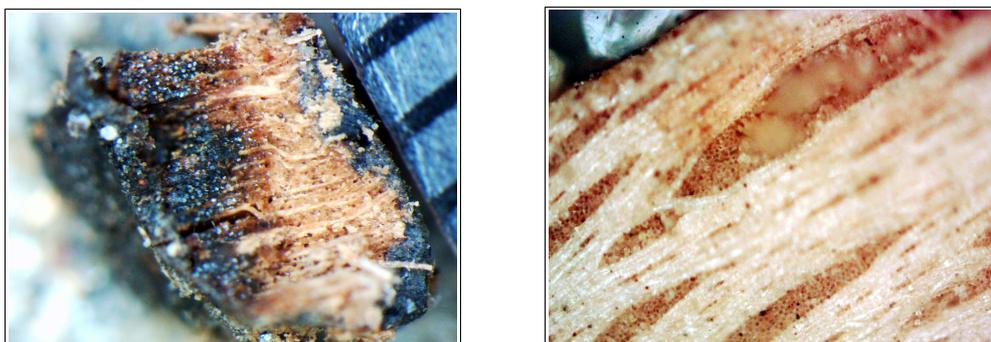


Fig. 22 - Photographies d'un fragment de hêtre prélèvement de l'Us 522. A gauche, l'image montre le plan transversale du bois avec une porosité diffuse (grossissement x20, l'échelle représente des millimètres). L'image de droite montre plusieurs rayons multi-sériés sur le plan tangentiel (grossissement x 500).

Au regard des courbures de cernes observées, il semble que les fragments proviennent d'un bois de calibre intermédiaire, voire d'un bois de gros calibre. L'hypothèse d'un reste de bois d'œuvre de type « planche » est plausible.

3.3. Prélèvement de l'Us 452 (comblement de Fosse / latrines)

a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme			Combustion					Thyle	Assise cambiale (écorce)	Moelle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. inform.				
Acer sp.	5	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Betula sp.	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cornus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corylus avellana	16	0	0	16	0	1	2	4	0	0	0	0	0	3	7	
Ericacée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
Fabacée type Cytisus	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Frag. écorce	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quercus/Castanea	20	0	0	19	0	1	6	2	1	0	1	0	0	4	8	
Quercus sp.	148	0	1	142	14	43	39	24	24	0	5	0	2	36	77	
Salix/Populus	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fig. 23 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'Us 452 (comblement de Fosse / latrines).

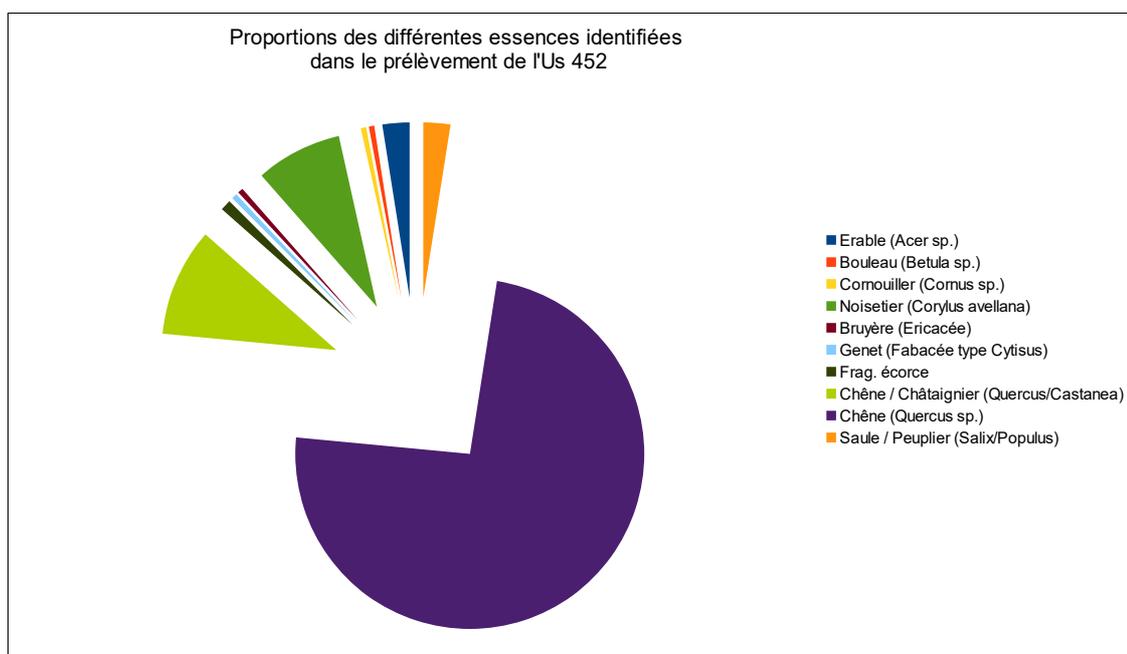


Fig. 24 – Représentation des proportions des différents taxons anthracologiques identifiés dans le prélèvement de l'Us 452.

b. Interprétation

200 fragments charbonneux ont été observés pour ce prélèvement. Le lot était très riche en charbons puisqu'un à deux litres de charbons tamisés ont été livrés. Ces charbons ont été trouvés à l'intérieur du comblement d'une structure décrite comme « une fosse / latrines ». Si l'on s'en tient à cette interprétation, les charbons seraient donc en position secondaire et correspondraient à des rejets de combustions.

Neuf taxons anthracologiques ont été identifiés dans ce prélèvement. Il s'agit principalement de charbons de chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaignier (*Quercus sp. - Castanea sp.*) et dans une moindre mesure de noisetier (*Corylus avellana*), d'érable (*Acer sp.*), de saule / peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*). De façon plus rares, des occurrences de bouleau (*Betula sp.*), cornouiller (*Cornus sp.*), genêt (*Fabaceae type Cytisus*) et de bruyère (*Ericaceae*) complètent l'ensemble (Fig. 24).

Des fentes de retrait (aspect « fendus » ou « fendus-luisants ») ont régulièrement été observées pour les charbons de chêne mais aussi de noisetier (environ 37%, Fig. 23). Ce sont des traits typiques de bois brûlés à l'état vert ou partiellement sec.

La quasi-totalité des fragments provient de bois de petit calibre (95% des charbons montrent une forte courbure de cernes, Fig. 23). Des mesures de calibration (cf. chapitre 2.4.) et parfois directement des mesures de rayon sur les fragments de section entière ont permis de préciser les diamètres des bois utilisés (Fig. 25).

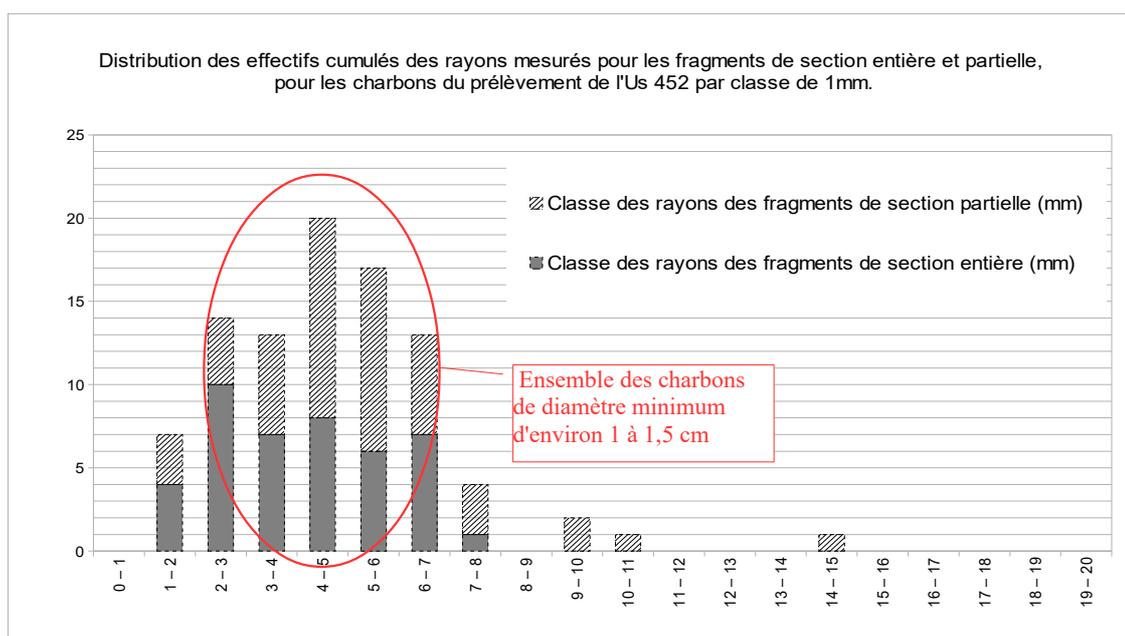


Fig. 25 – Distribution des rayons mesurés pour des fragments de section partielle ou entière (soient 43 fragments de section entière et 49 fragments de section partielle), par classe de 1 mm. La distribution des mesures montre un ensemble assez bien délimité correspondant à des bois de diamètre minimum compris entre 1 à 1,5 cm.

Les mesures d'angles et calculs de diamètres minimums effectués sur 92 charbons, toutes essences confondues, ont permis de montrer que les fragments proviennent presque exclusivement de bois de diamètre compris entre 1 à 1,5 cm.

La constitution du combustible semble donc avoir été principalement dicté par une sélection de bois de très petit calibre. Le choix des essences semble secondaire, même si la part prépondérante du chêne, excellent combustible, n'est probablement pas un hasard.

Cette description pourrait assez bien correspondre à un assemblage de type « fagot », en liaison possible avec des traditions d'émondages, assez courantes dans les pays de bocage au Moyen Âge.

En ce qui concerne le type de combustion, environ 30% des charbons montrent des aspects « fendus-luisants ou durs-luisants » (Fig. 23). Cela correspondrait à un premier niveau de vitrification, à mettre en relation avec des conditions de combustions chaudes et réductrices (conditions fermées selon Blaizot *et al.*, 2004 ; ex. four). Notons néanmoins que la proportion des charbons montrant un aspect luisant n'est pas très élevée par rapport à ce que nous pourrions attendre d'une combustion en contexte fermé. De plus, très peu de fragments avaient un aspect « fondu très brillant », significatif d'un second niveau de vitrification. Ces observations appuient l'hypothèse de combustions « modérées ». Notons que le phénomène de vitrification pourrait aussi avoir été favorisé par le petit calibre des bois utilisés (Oilic, 2011).

L'utilisation d'un combustible constitué presque exclusivement par du bois de petit calibre génère une combustion vive mais brève si on ne l'alimente pas régulièrement avec des bois de plus gros calibre. Dans le cadre d'un foyer domestique, le bois de petit calibre est utilisé pour la phase d'allumage. Dans la mesure du possible, on utilise ensuite des bois de plus gros calibre pour entretenir la combustion. Dans le cas ci-présent, nous n'avons pas retrouvé de restes des bois qui auraient pu être utilisés pour entretenir une combustion de ce type.

Le besoin de combustions vives, se retrouve plutôt dans le cadre d'activités artisanales, par exemple de poterie (ex. four de potier). Toutefois, certaines activités « domestiques » (ex. cuisson pour alimenter un four à pain?) peuvent aussi nécessiter l'utilisation de bois de petit calibre.

Un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué sur huit des neuf taxons identifiés dans le prélèvement. Le taxon « chêne-châtaignier » a été regroupé avec le chêne. Le principe du calcul repose sur le fait que dans les communautés végétales en équilibre, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999). Pour la composition anthracologique de ce lot, on constate un résultat assez proche de ce rapport d'équilibre (Fig. 26).

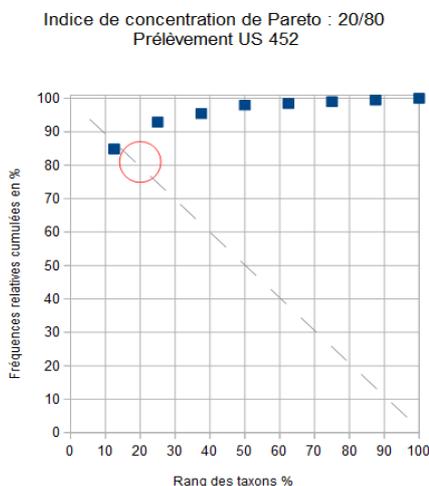


Fig. 26 – Courbe du calcul de l'indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des fragments provenant de l'Us 452.

Les proportions entre essences dans les échantillons de charbons de bois sont donc probablement assez fidèles aux

proportions de végétations ligneuses qui devaient exister dans l'aire de ramassage. Si l'on en croit cet indice, la composition anthracologique constatée serait issue de ramassages de « tout-venant ». Cela pourrait être cohérent avec la pratique d'émondages systématiques des boisements environnants.

Au regard de la diversité constatée, l'aire des ramassages paraît avoir touché des boisements de type chênaie (chêne, érable, châtaignier), des boisements clairs comme des lisières, des haies (noisetier, bouleau, cornouiller) et des landes-fourrés (genêts, bruyère).

Le saule-peuplier est quant à lui caractéristique des boisements hygrophiles, probablement localisés à proximité d'une zone humide ou dans une zone alluviale (ex. autour de la rivière Le Thérain). L'hétérogénéité des boisements visités semble décrire une aire de ramassage assez vaste autour du site.

4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Plus de 200 fragments ont été observés pour l'ensemble des prélèvements (Fig. 1).

Tableaux récapitulatifs :

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p>Us 531 (Fond de fosse 344)</p> <p>(7 prélèvements)</p>	<p>Noisetier (<i>Corylus avellana</i>)</p>	<p>Bois de petites branches gorgé d'eau.</p> <p>Les fragments observés correspondent à des restes ligneux conservés dans un contexte sédimentaire maintenu dans un état humide et anaérobie.</p> <p>Les fragments observés montrent de fortes courbures de cerne, ils correspondent donc à de petites branches. Des mesures de rayon ont pu être effectuées lorsque la moelle et l'écorce étaient à la fois visibles. Ces mesures permettent d'estimer des diamètres de l'ordre de 1 à 2 cm maximum.</p> <p>Il ne s'agit donc pas de « planchettes » qui auraient pu servir de cuvelage. Cependant, l'hypothèse de tiges végétales utilisées dans la construction d'un « clayonnage », par exemple pour maintenir les parois, est plausible.</p>	<p>Boisement clair, lisière, haie (?) :</p> <p><i>Corylus avellana</i></p>
<p>Us 522 (fosse 344)</p> <p>(1 prélèvement)</p>	<p>hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>)</p>	<p>Fragment de planche (?)</p> <p>Les fragments observés à l'intérieur du prélèvement correspondent à du bois gorgé d'eau. Les restes avaient une couleur jaune claire. Comme pour l'Us 531, c'est le caractère anaérobie du contexte qui a permis la conservation du bois.</p> <p>Au regard des courbures de cernes observés, il semble que les fragments proviennent d'un bois de calibre intermédiaire voir d'un bois de gros calibre. L'hypothèse d'un fragment de bois d'œuvre de type « planche » est possible.</p>	<p>Boisement de type chênaie – hêtraie (?) :</p> <p><i>Fagus sylvatica</i></p>

Fig. 27 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements associés aux Us 531 et Us 522 (fosse 344).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p>Us 452 (comblement de fosse / latrines)</p> <p>(1 prélèvement)</p>	<p>chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), noisetier (<i>Corylus avellana</i>), érable (<i>Acer sp.</i>), genêt (<i>Fabaceae type Cytisus sp.</i>), bouleau (<i>Betula sp.</i>), saule/peuplier (<i>Salix sp.</i> / <i>Populus sp.</i>), bruyère (<i>Ericaceae</i>).</p>	<p>Rejets de combustion de four (?) de type « fagot »</p> <p>L'observation des courbures de cerne montre l'utilisation de petites branches voire de brindilles.</p> <p>Des mesures de calibration et parfois directement des mesures de rayon sur les fragments de section entière ont permis de calculer les diamètres des branches compris presque toujours entre <u>1 et 1,5 cm.</u></p> <p>La constitution du combustible semble donc avoir été principalement dicté par une sélection de bois de très petit calibre. Le choix des essences semble secondaire, même si la part prépondérante du chêne, excellent combustible, n'est probablement pas un hasard.</p> <p>Cette description pourrait assez bien correspondre à un assemblage de type « fagot », en liaison possible avec des traditions d'émondage, assez courantes dans les pays de bocage au Moyen Âge.</p> <p>En ce qui concerne le type de combustion, environ 30% des charbons montrent des aspects « fendus-luisants ou durs-luisants ». Cela correspondrait à un premier niveau de vitrification, à mettre en relation avec des conditions de combustions chaudes et réductrices (ex. de type four). Notons néanmoins que la proportion des charbons montrant un aspect luisant n'est pas très élevée par rapport à ce que nous pourrions attendre d'une combustion en contexte fermé. De plus, très peu de fragments avaient un aspect « fondu très brillant », significatif d'un second niveau de vitrification. Ces observations appuient l'hypothèse de combustions « modérées ». Notons cependant que le phénomène de vitrification pourrait aussi avoir été favorisé par le petit calibre des bois utilisés (Oilic, 2011).</p> <p>L'utilisation d'un combustible constitué presque exclusivement par du bois de petit calibre génère une <u>combustion vive</u> mais brève si on ne l'alimente pas régulièrement avec des bois de plus gros calibre.</p> <p>Le besoin de combustions vives se retrouve plutôt dans le cadre d'activités artisanales, par exemple de « poterie » (ex. four de potier). Mais certaines activités « domestiques » (ex. cuisson pour alimenter un four à pain?) peuvent aussi nécessiter l'utilisation de bois de petit calibre.</p> <p>Le calcul de l'indice de concentration de Pareto montre que la composition anthracologique est probablement issue de ramassages de « tout-venant ». Cela pourrait être cohérent avec la pratique d'émondages des boisements environnants.</p>	<p>Boisement de type chênaie :</p> <p><i>Quercus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i> , <i>Acer sp.</i></p> <p>Boisement ouvert, lisière, haie, landes - fourrés :</p> <p><i>Acer sp.</i> , <i>Fabaceae type Cytisus sp.</i> , <i>Cornus sp.</i> , <i>Corylus avellana</i></p> <p>Boisement humide :</p> <p><i>Salix sp.</i> / <i>Populus sp.</i></p>

Fig. 28 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour le prélèvement de l'Us 452

- **Informations d'ordre environnemental**

Neuf taxons anthracologiques ont été identifiés dans cette étude.

Il est bien sûr difficile d'interpréter directement les compositions anthracologiques en termes de paléo-paysages, car les proportions de chaque essence sont liées aux usages du combustible, en besoin de matériaux de construction et aux aléas des aires de ramassages.

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

- les groupements forestiers de la **chênaie diversifiée** avec le chêne (*Quercus sp.*), le chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*), l'érable (*Acer sp.*) et de la **chênaie-hêtraie** avec le chêne (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), voire l'érable (*Acer sp.*). Notons que le groupement de la chênaie-hêtraie correspond au groupement forestier caractéristique de la période climatique du Subatlantique, largement détecté par la palynologie et majoritaire dans le nord de la France (Gaudin, 2004).
- **les boisements clairs de lisières forestières, haies, associations de landes-fourrés** : avec la détection du noisetier (*Corylus avellana*), du bouleau (*Betula sp.*), du cornouiller (*Cornus sp.*), du genêt (*Fabaceae type Cytisus sp.*) et des bruyères (*Ericaceae*). Ces essences attestent l'existence d'espaces ouverts ou clairsemés dans l'aire de ramassage.

Notons que la collecte d'essences pionnières comme le bouleau et le noisetier pourraient aussi indiquer des espaces en déprise agricole, en cours de reboisement.

Les bruyères et le genêt caractérisent davantage les formations de landes-fourrés, formations végétales de sols pauvres, souvent dégradés.

- **les boisements hygrophiles** sont perçus avec le saule-peuplier (*Salix sp. - Populus sp.*), voire aussi le cornouiller sanguin (*Cornus sanguinea*). Ces boisements pourraient provenir d'une zone humide, de bords de cours d'eau ou depuis une zone alluviale (ex. zone alluviale de la rivière Le Thérain).

- **Informations d'ordre technique :**

Les prélèvements des trois Us diffèrent par la nature des restes de bois. Pour les prélèvements des Us 531 et Us 522, ce sont des fragments de bois gorgés d'eau qui sont observés, alors que nous avons affaire à des fragments charbonneux pour le prélèvement de l'Us 452.

Pour les restes de bois gorgés d'eau de l'Us 531, les observations ont permis de reconnaître des petites branches de noisetier (au moins pour les prélèvements 1-1-4 et 1-1-7). Les mesures de rayon effectuées sur les fragments de section entière ont permis d'estimer les diamètres des branches entre 1 et 2 cm. La présence de ces branches dans la fosse pose question. L'hypothèse de pièces de « cuvelage » ne semble pas appropriée, en revanche on peut suggérer l'hypothèse d'éléments de clayonnages pour le maintien des parois (?).

Pour l'Us 522, les fragments correspondent à une pièce de bois, probablement de hêtre, de calibre plus important. L'hypothèse d'une planche, suggérée par l'observation archéologique, reste envisageable.

En ce qui concerne l'ensemble charbonneux de l'Us 452, l'analyse a révélé des charbons provenant presque exclusivement de bois de petit calibre. Les diamètres estimés vont de 1 à 1,5 cm, quelles que soient les essences.

Le combustible qui a été utilisé correspond à un assemblage de type « fagot », ce qui fait potentiellement écho à des pratiques d'émondages.

Ce type de combustible génère des combustions vives. Il pourrait donc s'agir de restes de combustion d'une activité nécessitant des montées en températures importantes, par exemple une activité de poterie ou des cuissons « domestiques » particulières (ex. four à pain).

Une partie des fragments (environ 30%) montre des aspects « luisants ». Le phénomène à l'origine de ces aspects n'est pas encore parfaitement compris. Il semble néanmoins que des contextes de combustion anaérobies et températures importantes soient favorables au processus de « vitrification ». Notons que la combustion de bois de petit calibre serait aussi un facteur favorisant cet aspect (Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011). Dans le cadre de cette étude, la proportion des charbons montrant un aspect luisant n'est cependant pas très élevée (30%). Les charbons sont donc probablement issus d'une combustion modérée. Les hypothèses de rejets de combustion de fours (fours à pain, fours de poterie) restent plausibles.

5. BIBLIOGRAPHIE

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.

DUFRAISSE A., GARCIA MARTINEZ M.-S., 2011 - Mesurer les diamètres du bois de feu en anthracologie. Outils dendrométriques et interprétation des données. ANTHROPOBOTANICA, 2, 16 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.

MARCOUX N., 2009 - Les bois utilisés comme combustible dans l'atelier gallo-romain de réduction du minerai de fer in SARRESTE F., Archéologie dans le Silléen, Rapport d'opérations archéologiques programmées. Roche-Brune (Pezé-le-Robert, Sarthe). p. 20-39.

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 north-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, 320 p.

PARADIS S., 2007 - *Étude dendro-anthracologique : une approche méthodologique pour l'étude du calibre des bois*. Mémoire de Master 2, université de Dijon, 64 p.

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 p.

THERY-PARISOT I., 2001 - *Economie des combustibles au Paléolithique*. Dossier de Documentation Archéologiques, 20, CNRS, Paris.

MCPARLAND L.C., COLLINSON M.E., SCOTT A.C., CAMPBELL G., VEAL R., 2010 - Is vitrification in charcoal a result of high temperature burning of wood? *Journal of Archaeological Science*, doi: 10.1016/j.jas.

NICOLAS E., BLANCHET A., BRISOTO V., CHEREL A.-F., DAOULAS G., GUITTON V., HENAFF A., HINGUANT S., JOUANET N., LABAUNE-JEAN F., LE FORESTIER S., SEIGNAC K., 2013 - *Châteaulin (29). Penn ar Roz : un site d'activité métallurgique protohistorique et antique*. Rapport de fouille, Cesson Sévigné, Inrap, Grand ouest, 2013, 364 p.

6. ANNEXE – Photographies



Fig. 29 – Fragment de chêne (*Quercus sp.*) de courbure de cerne forte et d'aspect luisant. Prélèvement Us 452. Coupe transversale. Grossissement x10. L'échelle représente des millimètres.

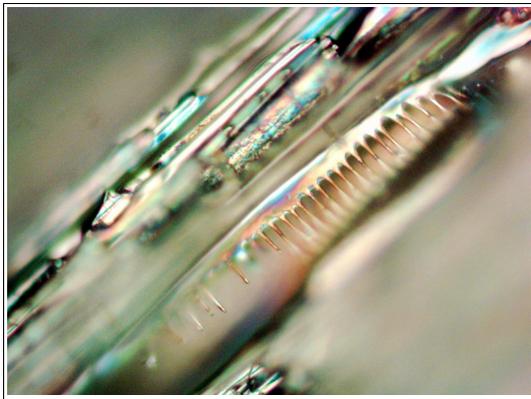


Fig. 30 – Fragment cornouiller (*Cornus sp.*). Détail d'une perforation scalariforme. Coupe tangentielle. Prélèvement Us 452. Grossissement x500.

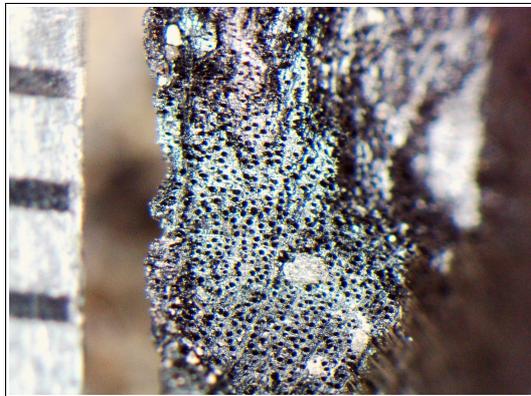


Fig. 31 - Fragment cornouiller (*Cornus sp.*). Coupe transversale. Prélèvement de l'Us 452. Grossissement x24. L'échelle représente des millimètres.

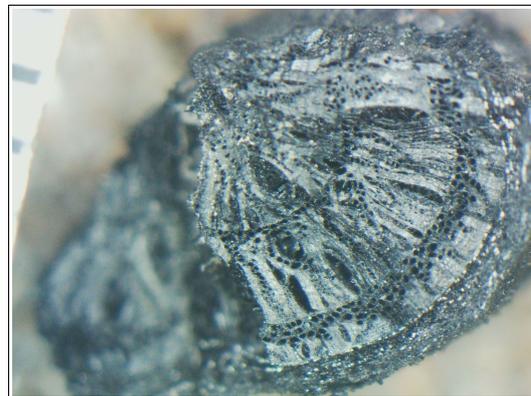


Fig. 32 – Fragment de chêne de courbure de cerne forte et montrant des fentes de retrait. Coupe transversale. Prélèvement de l'Us 452. Grossissement x14. L'échelle représente des millimètres.



Fig. 33 - Fragment de bruyère (*Ericaceae*). Coupe transversale. Prélèvement de l'Us 452. Grossissement x24. L'échelle représente des millimètres.



Fig. 34 - Fragment de saule-peuplier (*Salix sp.* - *Populus sp.*). Coupe transversale. Prélèvement de l'Us 452. Grossissement x12. L'échelle représente des millimètres.