



# ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES  
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSE DES FRAGMENTS CHARBONNEUX PRÉLEVÉS  
LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE  
DE « L'ÉGLISE SAINT-NICOLAS »  
SUR LA COMMUNE DE SAINT-MAUR-DES-FOSSÉS (94)**



**OPÉRATION : 1011465M**

**Service Archéologie du Val de Marne**

**Décembre 2021**

**Service Archéologie du Val de Marne**

**7 rue Guy Moquet**

**94800 Villejuif**

---

Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération archéologique de « l'église Saint-Nicolas » sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés (94).

Opération : 1011465M

---

## **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](mailto:loic.gaudin@arkeomap.com)

Site web : [arkeomap.com](http://arkeomap.com)

---

**Décembre 2021**

Illustration de la page de couverture :

*Fragment de chêne (Quercus sp.), vue en coupe transversale montrant une section entière, sous loupe binoculaire, grossissement x5 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement n°140.*

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....</b>	<b>5</b>
<b>2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION .....</b>	<b>7</b>
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 ».....	14
2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	16
<b>3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....</b>	<b>18</b>
3.1. Prélèvements n°138, n°139, n°140, n°141 de la sépulture SP 210 – US 1057....	18
<a href="#">a. Résultats.....</a>	<a href="#">18</a>
<a href="#">b. Interprétations .....</a>	<a href="#">20</a>
<b>4. BILAN.....</b>	<b>23</b>
<b>5. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>26</b>
<b>6. ANNEXE – Photographies.....</b>	<b>28</b>

## INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors d'un diagnostic mené sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés (94) dans l'église Saint-Nicolas.

La fouille concerne une sépulture avec des pots à encens du 14e s.

Les restes charbonneux étudiés ont été prélevés à l'intérieur du comblement et dans le fond de la fosse.

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, sont ils associés à la mise en place de la sépulture,
- tenter de caractériser la qualité du combustible utilisé sur le site. En déduire si les assemblages ont fait l'objet de sélections (ex. essences ou calibres particuliers),
- caractériser les boisements qui existaient dans les aires de ramassage.

Cette opération a été menée par le service départemental d'archéologie du Val de Marne. La fouille ci-présente a été dirigée par Mme Vanessa Bayard.

# 1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Lors d'un diagnostic dans l'église Saint-Nicolas de Saint-Maur-des-Fossés, une sépulture avec des pots à encens a été mise au jour. Les pots sont tous brisés à cause de recoupements ultérieurs, mais des morceaux de charbons dans le comblement et sur le fond de la fosse ont été prélevés et conditionnés dans quatre lots.

Les prélèvements ainsi que quelques éléments d'interprétation sont listés dans le tableau suivant (Fig. 1).

Les charbons étudiés ont fait l'objet de tamisages selon une maille d'environ 2 mm, tamisages effectués par le service archéologique.

L'ensemble des échantillons a été observé. 75 charbons ont été étudiés.

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE					
<b>Commune :</b>		Saint-Maur-des-Fossés (94)			
<b>Nom de l'opération / Lieu-Dit :</b>		Eglise Saint-Nicolas			
<b>Année :</b>		2021			
<b>N° OA :</b>		1011465M (?)			
<b>Resp. d'Op.</b>		Vanessa Bayard			
<b>Type d'opération :</b>		fouille préventive			
<b>Période d'analyse pressentie</b>		Fin 2021			
n° plv	US	Structure / zone	Description / type attendu	Période / date	Effectifs étudiés
138	1057	STM 09 - SP210	Sépulture avec des pots à encens. morceaux de charbons dans le comblement et sur le fond de la fosse	14e	20
139	1057				20
140	1057				15
141	1057				20
					<b>75</b>

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

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 réalisée pour le prélèvement n°141, lot qui s'est révélé le plus diversifié avec cinq taxons, montre un seuil situé entre 10 et 15 fragments (Fig. 2).

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 75 charbons (soit environ 15 à 20 charbons pour chaque lot).

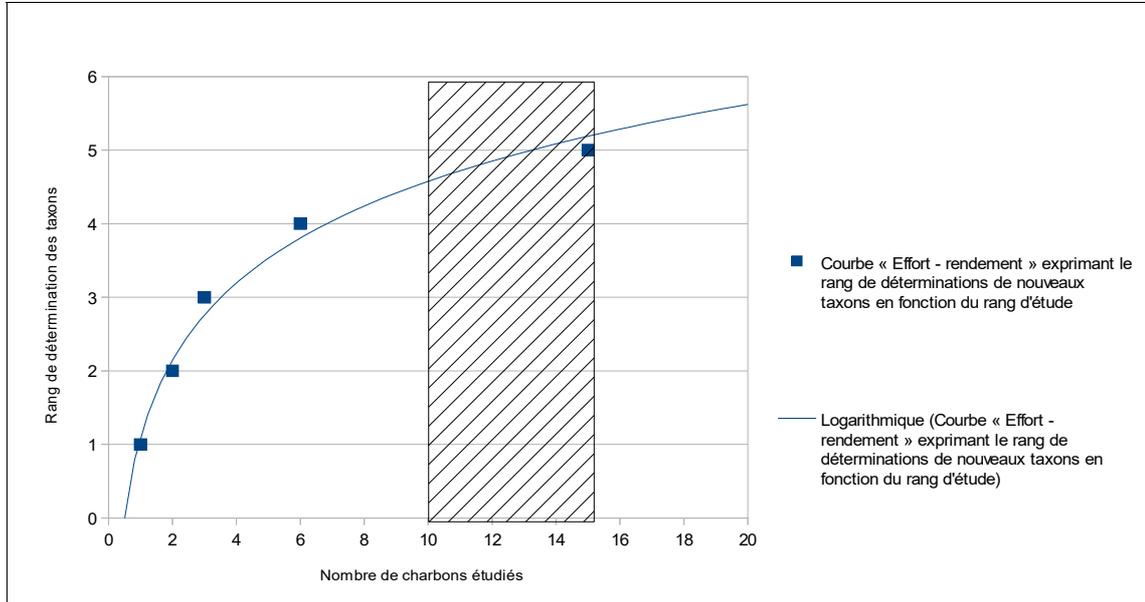


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°141. Dans cet exemple, le cinquième taxon (*Salix sp.*) a été observé au rang 15 et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 10 et 15 charbons.

## 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.

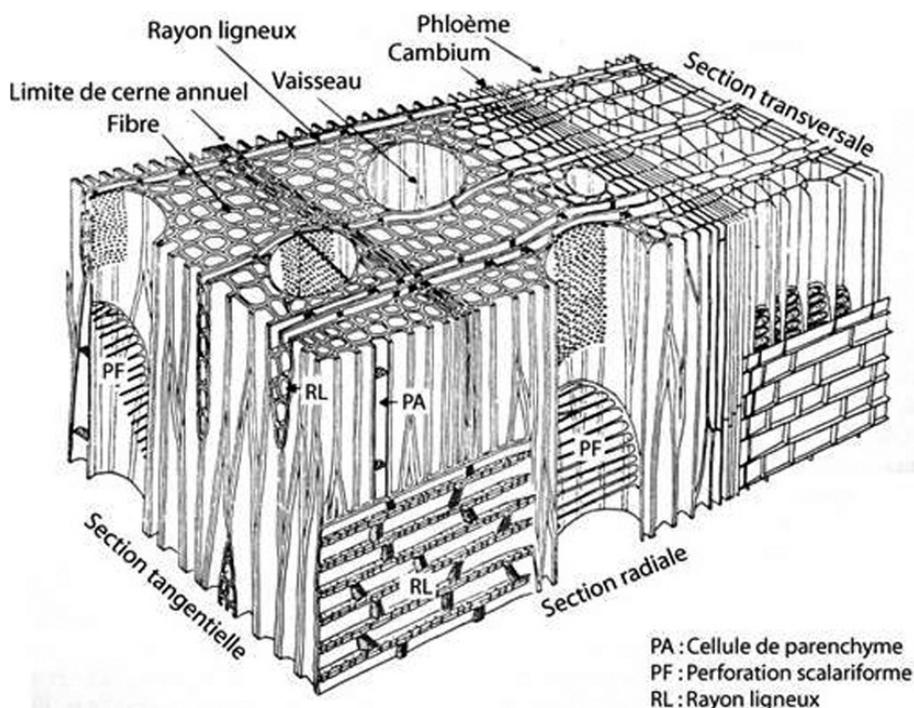


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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 :

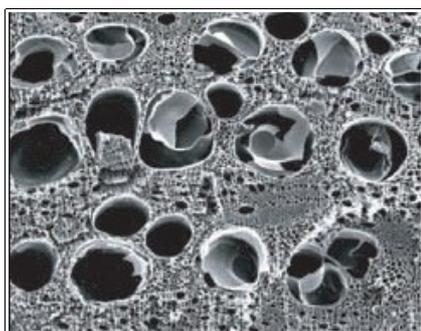
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

#### - **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**

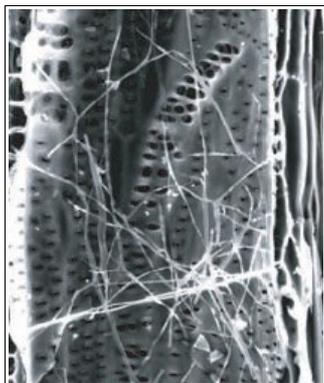
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne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

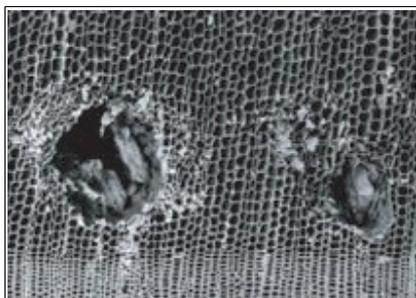
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

**- 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.**

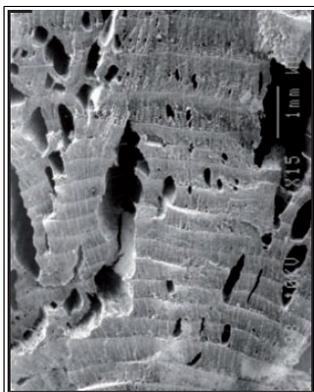


La présence de tels tunnels est plutôt un indicateur de bois morts, mais il existe parfois des bois vivants dont l'aubier peut être logiquement attaqué (Marguerie *et al.*, 2010).

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.

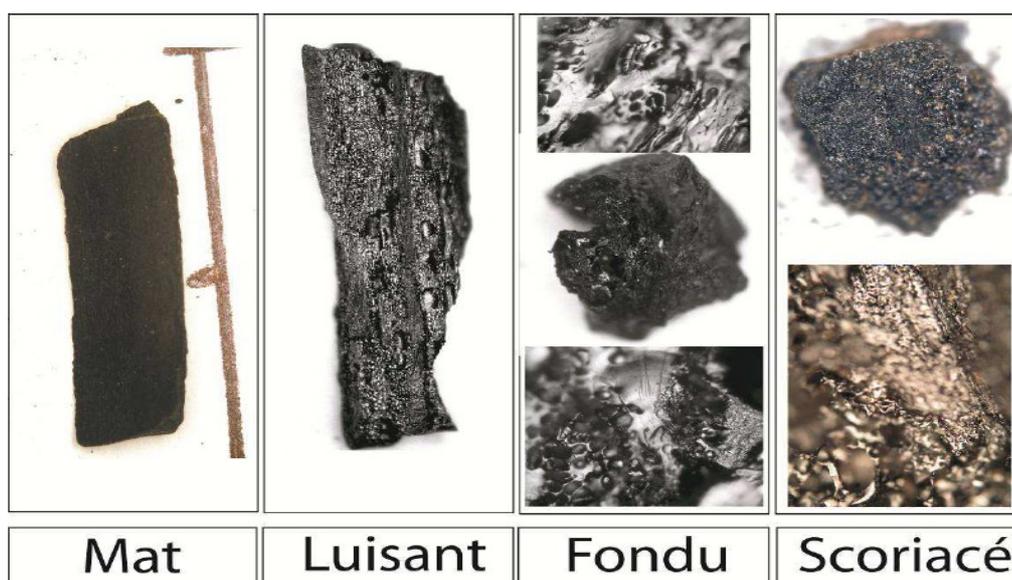
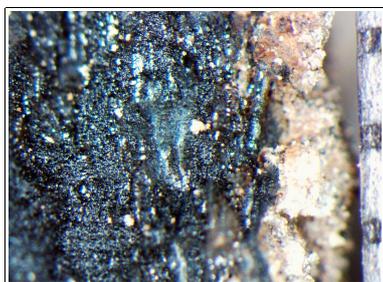


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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.

### - 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. 11). 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.

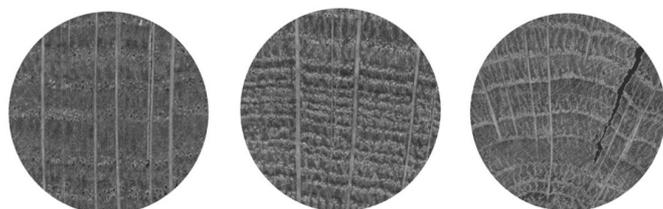


Fig. 11 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

## 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. 12). 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. 12).

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).

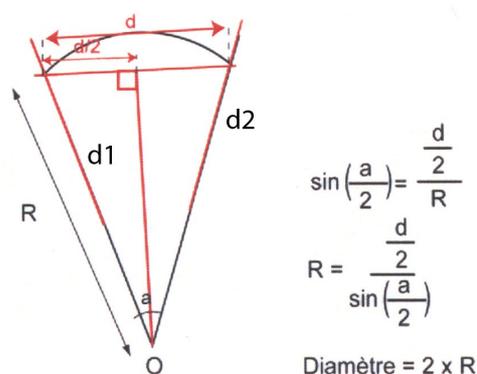


Fig. 12 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

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. 13, 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.

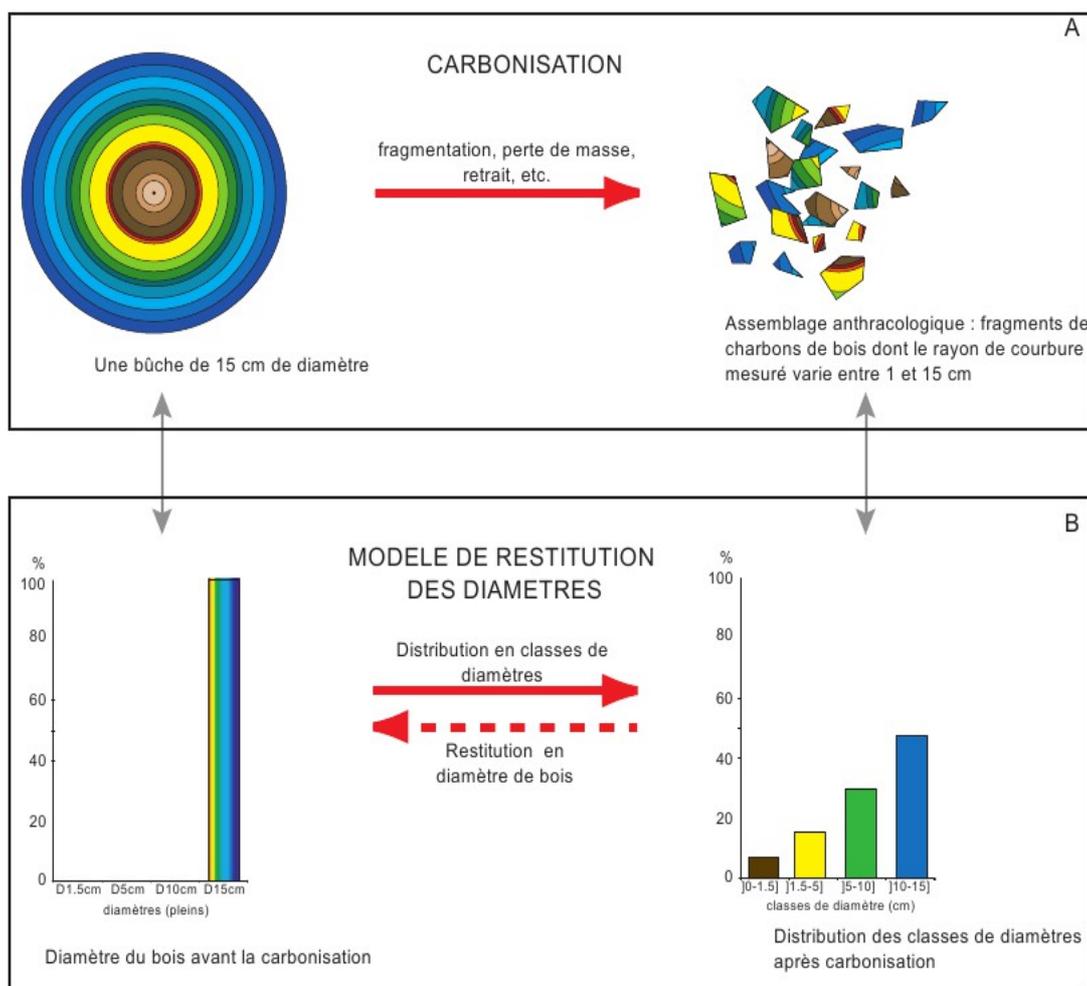


Fig. 13 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

**Remarque :** Dans le cadre de cette étude, une majorité de fragments provient de bois de petit calibre et il a parfois 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. Pour quelques fragments du lot n°4, nous avons aussi calculé des rayons minimum grâce à la technique de calibration.

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

L'étude a permis de déterminer cinq taxons anthracologiques. 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 charme** (*Carpinus betulus.*) est une essence de demi-ombre ou d'ombre que l'on retrouve plutôt sur les sols à richesse minérale variable : sols de pH basique à moyennement acide. Il apprécie les sols profonds secs à frais. C'est une espèce qui a besoin d'étés chauds pour la maturation des graines. On le trouve partout en France, sauf dans le Sud-Ouest, en Bretagne et Basse-Normandie et sur le pourtour méditerranéen.

Il est fréquemment associé aux forêts collinéennes (*Carpinion betuli*) et chênaies mixtes, aux bois, aux haies. Il fournit un bois homogène à densité élevée, très dur et peu fissible. Plante astringente, c'est un excellent bois de chauffage, brûlant lentement avec une flamme vive. C'est un très bon charbon de bois.

les **Prunoïdées** dont le genre ***Prunus sp.*** (ex. merisier, cerisier, prunellier) 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 de les retrouver associés aux **Genistae (Fabacées)**. Excepté le merisier (*Prunus avium*), ces taxons fournissent de bons combustibles.

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 (bois tendre), 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.

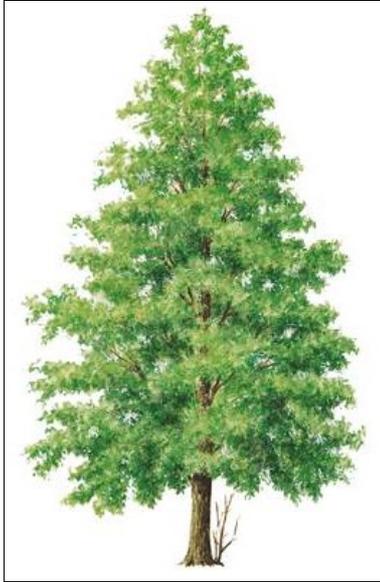


Fig. 14 - Représentation de l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

### 3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

#### 3.1. Prélèvements n°138, n°139, n°140, n°141 de la sépulture SP 210 – US 1057

##### a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant		
Carpinus betulus	6	0	0	6	0	0	0	3	0	0	1
Quercus sp.	13	0	0	13	0	0	0	11	2	1	0
Salix/Populus	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 15 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°138.

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. écorce	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	12	0	1	10	0	1	8	1	1
Salix/Populus	5	0	3	2	0	0	0	2	0
Salix sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0

Fig. 16 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°139.

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Carpinus betulus	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	6	0	0	5	0	0	0	3	1	1
Salix/Populus	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0

Fig. 17 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°140.

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Carpinus betulus	10	0	0	10	0	0	0	1	0	0
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	2	0	0	2	0	0	0	0	2	1
Quercus sp.	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Salix/Populus	4	0	2	2	0	0	0	2	0	0
Salix sp.	2	0	1	1	0	0	0	1	0	0

Fig. 18 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°141.

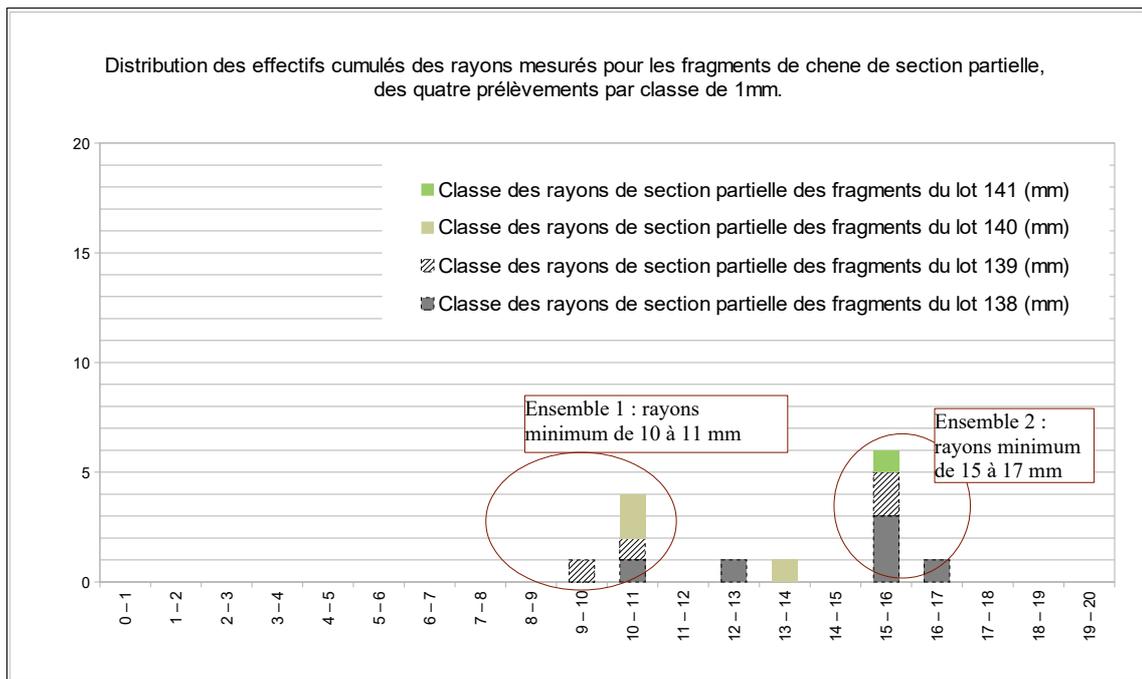


Fig. 19 – Distribution des rayons mesurés pour 14 fragments de chêne (*Quercus sp.*) par classe de 1 mm.

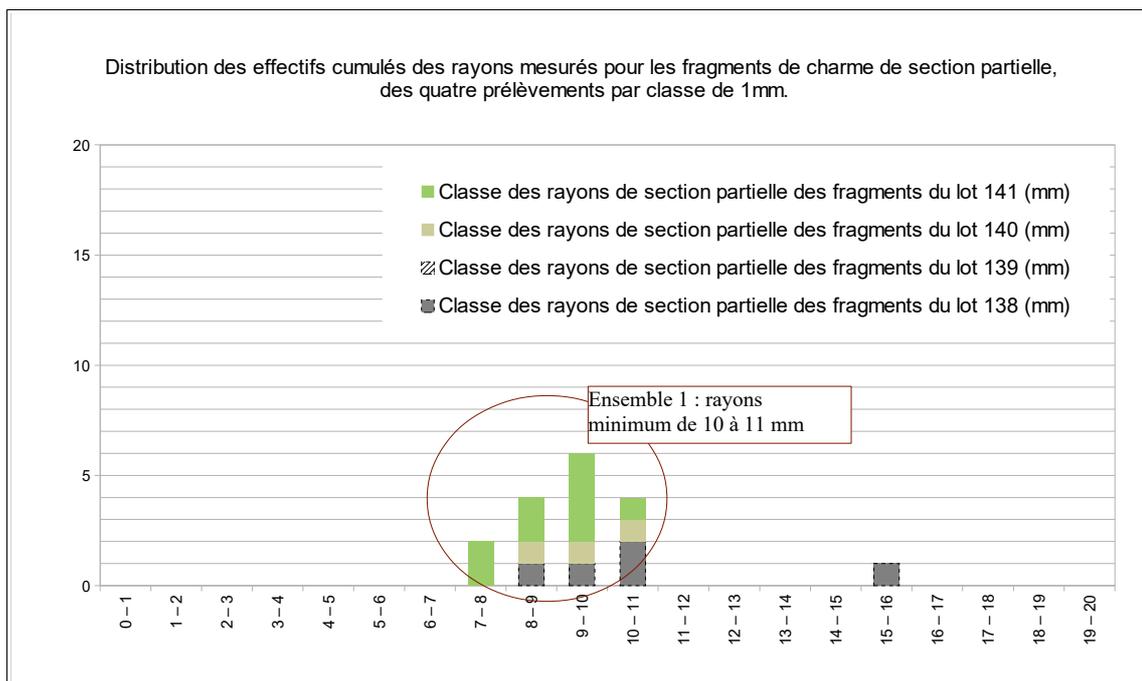


Fig. 20 – Distribution des rayons mesurés pour 17 fragments de charme (*Carpinus betulus*) par classe de 1 mm.

## **b. Interprétations**

Cinq taxons anthracologiques ont été identifiés à l'intérieur des quatre prélèvements. Le chêne (*Quercus sp.*), le saule (*Salix sp.*) et le saule-peuplier (*Salix sp.* - *Populus sp.*) sont systématiquement identifiés dans les quatre lots. En revanche, le charme (*Carpinus betulus sp.*) est identifié dans trois prélèvements et le genre *Prunus* uniquement dans le prélèvement n° 141.

L'aire des ramassages semble avoir touché des boisements de type chênaie diversifiée (chêne, charme), des formations végétales ouvertes comme des lisières, des haies (*Prunus sp.*) et un boisement humide (peuplier, saule).

L'observation des courbures de cernes montre une grande majorité de fragments avec une forte courbure de cerne (environ 80% des fragments) mais aussi quelques fragments de courbure intermédiaire. Seulement sept fragments ont été observés avec des courbures intermédiaires. Les fragments proviennent donc de bois de petit à moyen calibre probablement un mélange de petites branches et de brindilles.

Des calculs de calibration (cf. chapitre 2.4. ) ont permis de préciser les rayons de ces bois. Les mesures ont été réalisées sur des fragments de chêne (14 fragments), de charme (17 fragments), de saule-peuplier (1 fragment) et *Prunus* (2 fragments) présentant encore parfois de la moelle. Les calculs ont permis d'estimer des rayons minimum de l'ordre de 10 à 11 mm pour le charme (Fig. 19), de l'ordre de 10 à 17 mm pour le chêne (Fig. 19). De façon globale, pour l'ensemble des bois brûlés (y compris le saule-peuplier et le *Prunus*) les rayons minimums sont compris entre 10 et 17 mm soit entre 20 et 34 mm de diamètre. Quelques brindilles de diamètres inférieurs ont aussi été utilisées.

Le chêne, le charme voire aussi le bois du genre *Prunus* (cerisier/merisier) sont des bois durs et constituent de bons combustibles. Leurs braises durent longtemps et rayonnent davantage. En revanche ce sont des essences qu'il est parfois difficile à enflammer d'où l'intérêt de les associer à des essences de bois tendres (ex. le saule et saule-peuplier) qui flambent généralement bien et rapidement. De façon globale ce sont des bois de petit calibre qui ont été utilisés, on peut donc penser que les combustions ont été assez brèves mais intenses. On constate en effet très régulièrement (pour environ 50% des fragments) des aspects luisants (Fig. 22). Ces aspects sont généralement interprétés comme le résultat de combustions en milieu chaud et confiné (Blaizot *et al.*, 2004). Le petit calibre des bois a pu aussi favoriser ce début de phénomène de « vitrification » (Oilic, 2011).

Notons aussi qu'une petite partie des fragments (environ 20%) avait des aspects fendus. Cela pourrait résulter de bois brûlés à l'état vert pour quelques branches (notamment les fragments de chêne du prélèvement n°139).

Enfin, dans le prélèvement n°139, un fragment de chêne permet d'observer que le dernier cerne de croissance était entier (bois de printemps et bois d'été) (Fig. 21). Cela indique une coupe réalisée durant la période « automne – hiver ».

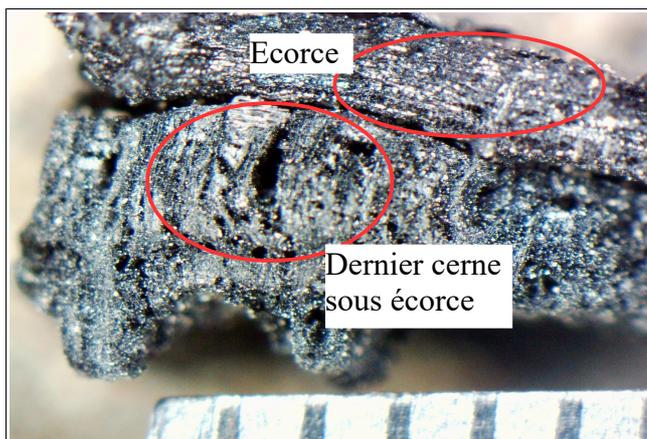


Fig. 21 – Fragment de chêne en coupe transversale montrant le dernier cerne (sous l'écorce) entier : le bois initial et bois final sont présents indiquant une coupe réalisée durant la période automne-hiver. Prélèvement n°139 (grossissement x14). L'échelle représente des millimètres.

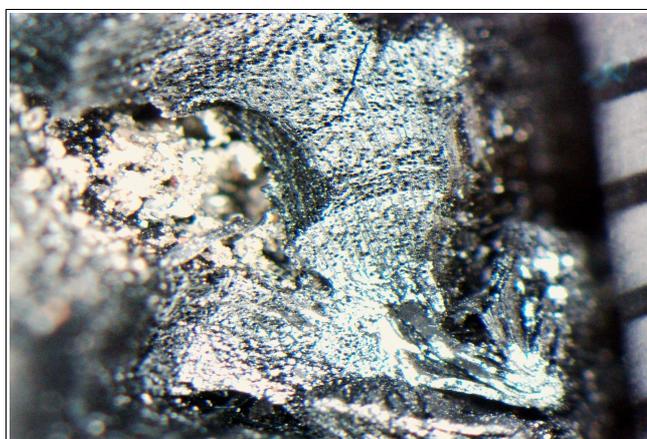


Fig. 22 – Exemple d'un fragment du genre Prunus en coupe transversale. Fragment présentant une forte courbure de cerne et un aspect luisant, prélèvement n°141 (grossissement x20). L'échelle représente des millimètres.

Un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué. Le principe du calcul de l'indice 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).

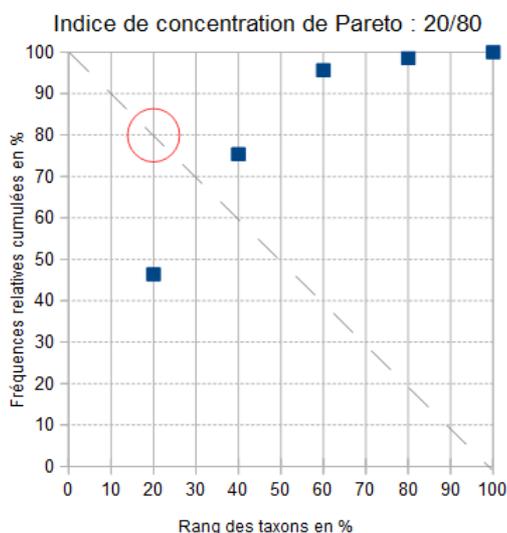


Fig. 23 – Indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des fragments identifiés pour les quatre prélèvements (soit 69 fragments).

Même si les diversités anthracologiques sont assez faibles (5 taxons ont été discernés dont le saule et saule/peuplier), le rapport d'équilibre constaté avec la composition de l'ensemble des lots anthracologiques (Fig. 23) ne semble pas refléter les mêmes proportions que dans les communautés végétales naturelles. Cette différence pourrait s'expliquer soit par un problème de représentativité des effectifs étudiés (insuffisants) mais probablement aussi par un ramassage sélectif.

Au regard des calibres des bois utilisés, on peut évoquer l'hypothèse de ramassages orientés avant tout vers des bois de petit calibre, déformant ainsi le rapport d'équilibre que l'on aurait perçu avec un ramassage de « tout venant » dans un boisement naturel.

## 4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. 75 fragments ont été observés pour les quatre prélèvements (Fig. 1).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p>Prélèvements n° 138, 139, 140, 141 du comblement de la fosse. US 1057, STM 09 - SP210</p>	<p>chêne (<i>Quercus sp.</i>), charme (<i>Carpinus betulus</i>), <i>Prunus sp.</i>, saule (<i>Salix sp.</i>), saule / peuplier (<i>Salix sp. / Populus sp.</i>)</p>	<p><b>Rejets de combustion ouverte</b></p> <p>L'observation des courbures de cerne montre une majorité de fragments avec une forte courbure de cerne mais aussi quelques fragments de courbure intermédiaire. Seulement sept fragments ont été observés avec des courbures intermédiaires. <u>Les fragments proviennent donc de bois de petit à moyen calibre probablement un mélange de petites branches et de brindilles.</u></p> <p>Les mesures de calibration ont permis de montrer que les bois utilisés avaient des diamètres minimums de l'ordre de 2 à 3,5 cm.</p> <p>Le chêne, le charme voire aussi le bois du genre <i>Prunus</i> (cerisier/merisier) sont des bois durs et constituent d'excellents combustibles. Leurs braises durent longtemps et rayonnent davantage. Le saule-peuplier et le saule, bois tendres, ont probablement servi pour l'allumage des combustions.</p> <p>Au regard du petit calibre des bois utilisés, les combustions ont probablement été intenses mais brèves. Cela explique l'aspect souvent luisant des fragments. Quelques branches de chêne ont été brûlées à l'état vert.</p> <p>L'observation du dernier cerne, entier, d'un fragment de chêne du prélèvement n° 139, montra une coupe durant la période automne -hiver.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie diversifiée :</b> <i>Quercus sp.</i> , <i>Carpinus betulus</i></p> <p><b>Boisement clair (haies, lisières):</b> <i>Prunus sp.</i>,</p> <p><b>Boisement humide :</b> <i>Salix sp. Populus sp.</i>,</p>

Fig. 24 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements de la structure STM 09 – SP 210.

## - **Informations d'ordre environnemental**

Cinq 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 avant tout liées aux usages du combustible et aux aléas des aires de ramassages.

L'identification des taxons ligneux permet de proposer différentes associations écologiques (Rameau *et al.*, 1989) que l'on retrouve dans les deux ensembles :

- les groupements forestiers de la **chênaie diversifiée** avec le chêne (*Quercus sp.*) et le charme (*Carpinus betulus*). La chênaie-hêtraie n'est pas à exclure.
- les **lisières forestières, haies, associations héliophiles de sous-bois** : avec la détection du genre *Prunus*. Cette essence atteste l'existence d'espaces ouverts ou clairsemés dans les aires de ramassage.
- **les boisements hygrophiles** sont perçus avec le saule (*Salix sp.*), le saule-peuplier (*Salix sp. - Populus sp.*). Ces boisements pourraient correspondre à une zone humide, de bords de cours d'eau ou depuis la zone alluviale de la Marne.

- **Informations d'ordre ethnographique :**

Les analyses anthracologiques ont révélé des compositions constituées de fragments provenant surtout de bois de petits calibres : petites branches de 2 à 3,5 cm de diamètre et brindilles.

L'aspect « luisant » est un caractère détecté pour environ la moitié des charbons. Cela correspondent à un premier niveau de « vitrification ». Dans le cadre de cette étude, il est probable que le phénomène ait été favorisé par le petit calibre des bois (Oilic, 2011), ce qui a probablement généré une combustion brève mais intense.

Les compositions anthracologiques intègrent des essences qualifiées de bois « durs » ou denses (ex. chêne, charme, *Prunus*). Les bois durs sont difficiles à enflammer mais plus énergétiques à la combustion. Ils génèrent notamment des braises qui rayonnent et durent plus longtemps que la plupart des autres essences de feuillus. D'autres essences accompagnatrices (saule, saule/peuplier) correspondent probablement à des restes de bois d'allumage.

Il est difficile de faire le lien avec les pots à encens et le contexte de la sépulture. Aucune essence « particulière » n'a été détectée. Le type de combustion relativement intense et bref, obtenu avec l'utilisation exclusive de petit bois est en revanche plutôt atypique. Le combustible ne relève pas d'une activité domestique (phase d'allumage suivi d'un entretien avec du bois de calibre plus important...), mais probablement « d'un geste à vocation culturel » en relation avec la sépulture.

## 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'antracologie, 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'antracologie*. 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.

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.

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.

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.

## 6. ANNEXE – Photographies



Fig. 25 – Fragment de chêne (*Quercus sp.*) d'aspect luisant et provenant d'un bois de petit calibre (courbure de cerne forte). Coupe transversale. Grossissement x7. L'échelle représente des millimètres. Prélèvement n°139.



Fig. 26 – Fragment de charme (*Carpinus betulus*) de rayon 10 mm. Coupe radiale. Prélèvement n° 138. Grossissement x5.

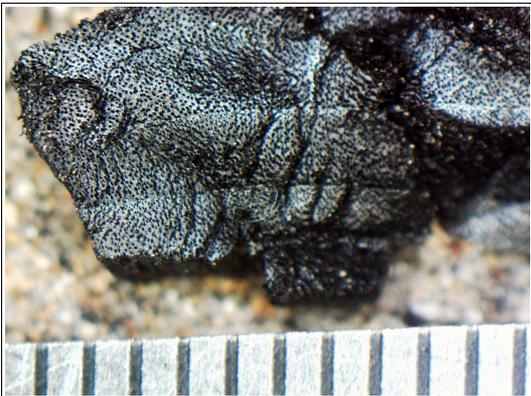


Fig. 27 – Fragment de saule-peuplier (*Salix sp.* - *Populus sp.*). Coupe transversale. Prélèvement n° 141. Grossissement x9. L'échelle représente des millimètres.