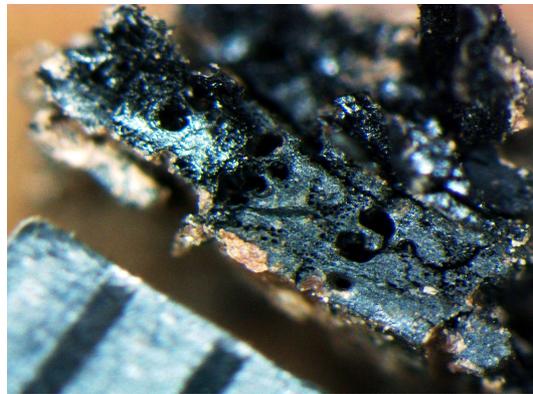




# ArkéoMap

Analyses scientifiques des découvertes  
archéologiques analyses anthracologiques



Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération  
archéologique des trasses de Poncy sur  
la commune de Poissy (78).

SERVICE ARCHÉOLOGIQUE INTERDÉPARTEMENTAL  
DES YVELINES / HAUTS-DE-SEINE

Juin 2022

Service archéologique interdépartemental  
des Yvelines / Hauts-de-Seine

---

Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération archéologique  
des « Terrasses de Poncy », sur  
la commune de Poissy (78).

---

Loïc GAUDIN  
membre associé à l'UMR 6566 CReAAH et chargé de cours à l'Université de  
E-mail : [loic.gaudin@arkeomap.com](mailto:loic.gaudin@arkeomap.com)  
Site [www.arkeomap.com](http://www.arkeomap.com)

---

Juin2022

Illustration de la page de couverture :

Fragment de charbon (us ép. vue en coupe transversale, grossissement x27 (représente des millimètres). Prélèvement n°14984 (Z5\_F86).



## INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors d'opérations archéologiques préventives menées sur la terrasse «de Poncy» sur la commune de Poissy (78).

L'étude concerne des prélèvements charbonneux provenant de plusieurs secteurs (Z2, Z4, Z5) associés à différentes structures et périodes d'occupation (Final Néolithique). Au regard du contexte archéologique et des premiers éléments d'interprétation, l'analyse a été menée en fonction de trois objectifs

- Tenter de percevoir l'origine des charbons. Correspondent-ils à des restes de combustibles (objets de foyer, de diverses structures de combustion ?).
- s'il s'agit de restes de combustible, tenter de caractériser la qualité de ces derniers et si les assemblages ont fait l'objet de sélections (ex. essences ou calibres particuliers) plutôt caractéristiques d'usages domestiques ou artisanaux, particulièrement pour les prélèvements associés aux structures archéologiques interprétées comme des fours à eau (Z5\_F282) et fours à char (Z2\_F1069).
- caractériser les boisements qui existaient dans l'aire de ramassage. Pour le site F86, confirmer ou non l'ancienneté (Paléolithique supérieur Final / Néolithique) de la structure archéologique au regard de l'écologie des boisements utilisés pour alimenter le foyer.

Cette opération a été menée par le service archéologique de l'Établissement Interdépartemental des Yvelines et des Hauts-de-Seine. L'étude a été conduite en collaboration avec le service avec l'accord de sa directrice Mme Séverine Gauduchon.

## 1 INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Quinze prélèvements provenant de dix structures ont été analysés.

Les prélèvements ont parfois été réalisés (par seau de 10 Litres) et ont donc l'objet de tamisages. Les tamisages ont été réalisés par le laboratoire Arké des mailles de 5 et 2 mm. Afin de comparer d'éventuelles différences anthraologiques entre les différentes gammes de taille des charbons, nous avons procédé à des sous-échantillonnages. Pour les prélèvements Z2\_F1069, Z2\_F1072, Z2\_F803, Z5\_F251, deux sous-échantillonnages de charbons supérieurs à 5 mm et inférieurs à 2 mm ont été réalisés.

Les prélèvements ainsi que quelques éléments d'interprétation sont listés ci-dessous (Fig 1). L'ensemble des échantillons a été observé. Un total de 458 charbons a été étudié.

INVENTAIRE XYLOLOGIQUE					
Site :		Poissy (78)			
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		Terrasses de Poncy			
Année :		Fouilles 2019 -2020			
N° OA :					
Resp. d'Op.		S. GAUDUCHON			
Type d'opération :		prescription archéologique préventive			
Période d'analyse pressentie		courant mai 2022			
N° de prélèvement	Sujet	Type de prélèvement	Description	Datation	Effectifs étudiés
A.14984	Z5_F86	épars	Foyer	Paléo. sup. final/Mésol./Néo	11
A.14985		épars	Foyer	Paléo. sup. final/Mésol./Néo	10
A.16809		épars	Foyer	Paléo. sup. final/Mésol./Néo	19
A.16800		épars	Foyer	Paléo. sup. final/Mésol./Néo	5
A.16807		épars	Foyer	Paléo. sup. final/Mésol./Néo	10
A.14987		épars	Foyer	Paléo. sup. final/Mésol./Néo	8
	Z4_F120	épars	Rejet de bucher funéraire	Ier avant ?	11
2_9	Z2_F669	en masse	Structure de combustion quadrangulaire	Ier avant ou Ier ap. ?	34
5_119	Z5_F251	en masse	Structure de combustion quadrangulaire	Ier avant ou Ier ap. ?	55
2_82	Z2_F1072	en masse	Fours à chaux x 6 (ensemble 1)	Ile ou IV-Ve ?	10
2_116	Z2_F1069	en masse	Fours à chaux x 6 (ensemble 2)	Ile ou IV-Ve ?	55
5_185	Z5_F260	en masse	Four en sape	Antiquité tardive ?	91
2_153	Z2_F1095	en masse	Four indéterminé	Antique ?	7
2_38	Z2_F598	en masse	Structure de combustion circulaire	Antique ?	77
2_16	Z2_F803	en masse	Structure de combustion circulaire	Antique ?	55
					458

Fig1 – Inventaire des quinze prélèvements analysés.

Afin d'avoir une idée de la représentativité de la diversité taxonomique des échantillons étudiés, il est courant de calculer des courbes « effort- rendement » (Chabat, 1999) Le principe de cette courbe repose sur la mise en perspective des identifications des taxons afin de déterminer des seuils, ou effectifs, à partir desquels l'apport de nouvelles essences ne paraît plus « représentatif ». Cette technique est peu pertinente pour les compositions anthracologiques étudiées, qui est le cas de la plupart des prélèvements étudiés.

Pour exemple la courbe effort- rendement réalisée pour le prélèvement n°185 (comblement de la structure Z5\_260 interprétée comme four en sapin) comprend huit taxons anthracologiques pour 91 charbons observés, montre un seuil compris entre 25 et 50 charbons (Fig 2). Ce seuil a systématiquement été atteint lorsque le nombre de charbons présents à l'intérieur des prélèvements était suffisant.

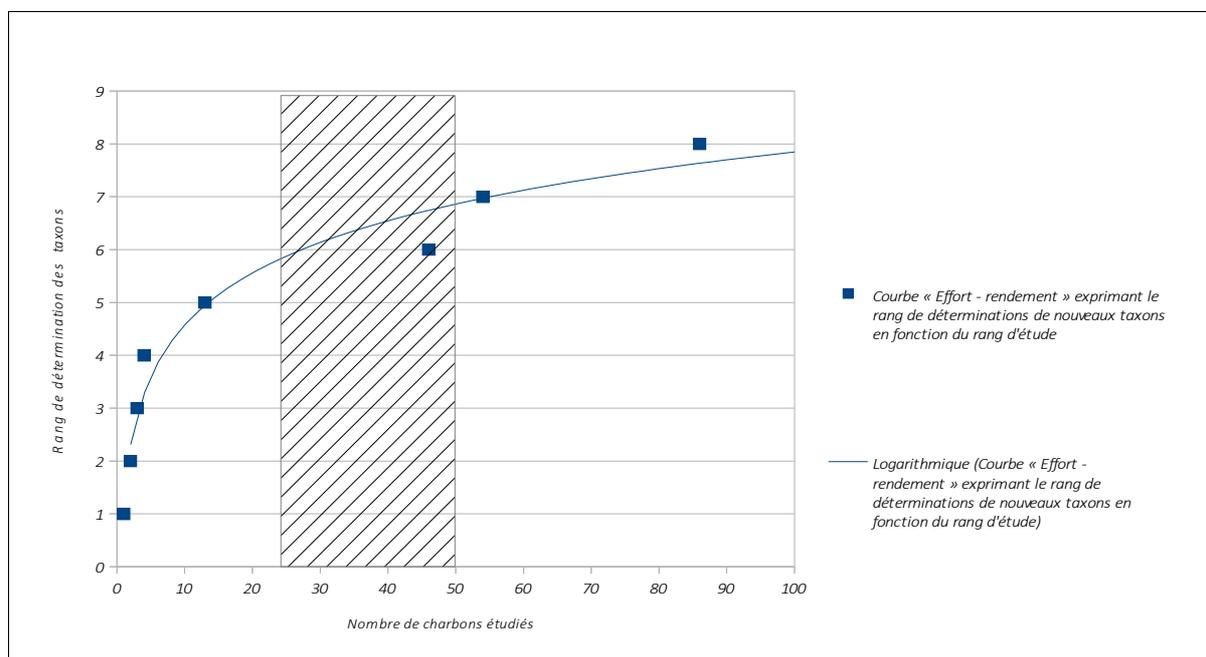


Fig2 - Courbe effort- rendement obtenue pour le prélèvement n°185 (Z5\_260). Dans cet exemple, le huitième taxon (*Acer* sp.) a été observé au rang 87 et le seuil « effort- rendement » se situerait entre 25 et 50 charbons.

Les indicateurs calculés à partir des données sont basés sur la diversité taxonomique, or en plus des identifications nous avons aussi procédé à des analyses microscopiques permettant de préciser la nature des ensembles entomologiques, les types de combustion, traces de découpes, de xylophages, etc. Les courbes effort- rendement étant basées sur la diversité taxonomique, nous n'avons donc pas pu nous baser exclusivement sur les seuils obtenus pour établir des protocoles d'échantillonnages représentatifs.

En concertation avec l'archéologue et en fonction de l'enveloppe allouée, nous avons choisi d'étudier les prélèvements de façon la plus exhaustive possible, jusqu'à l'observation jusqu'à environ 450 charbons.

## 2 BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE DES BOIS, ELEMENTS D'INTERPRETATION

### 2.1 Équipement d'observation

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



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 organisation particulière de ses tissus. La structure du bois s'étudie anatomiques

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

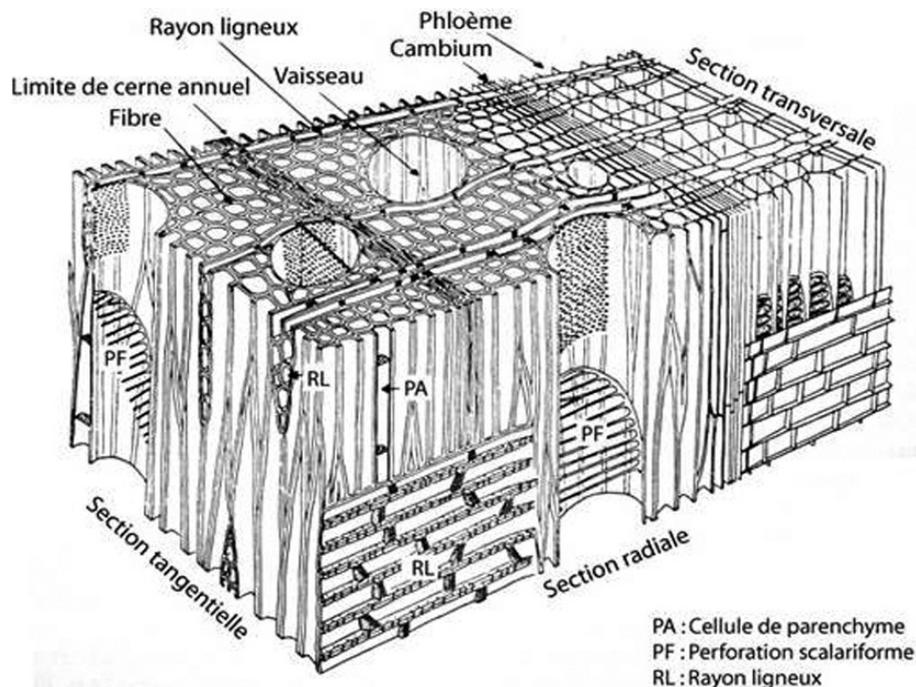


Fig4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme

Sur les fragments de bois, des cassures fraîches sont faites à la main et sont directement observées sous microscope optique à réflexion. Cette méthode d'observation présente l'avantage de ne pas "polluer" l'échantillon par une résine de synthèse et le laisse donc tout à fait susceptible d'être daté par étude anthracologique.

Une partie des mesures dendrologiques nécessite des charbons de bois d'un diamètre minimum. En revanche, il est possible de travailler sur des très petits échantillons pour les déterminations taxonomiques.

La famille des ligneux se détermine généralement à coup sûr et souvent le contraire est délicat, voire impossible, de distinguer certaines espèces. Les variations au sein d'une même espèce sont souvent plus importantes que les différences inter-espèces, d'où par exemple le taxon *Quercus sp.* désigner les chênes à feuillage caduc.

Notons aussi le taxon anthracogène « / Castane désignant aussi bien le chêne que le châtaignier. En effet, les deux taxons se différencient par leurs médullaires, parfois difficiles à observer sur les petits fragments. Les données phyto-écologiques que nous dégagerons de notre étude reposent sur des informations écologiques intrinsèques à chaque taxon attesté et sur les graminées mis en évidence. Il sera aussi fait parfois référence aux données quantitatives de souligner dans nos commentaires la dominance affirmée de certains taxons ligneux. Nous complétons la détermination des essences ligneuses par un examen du bois transversal effectué à plus faible grossissement (loupe binoculaire) (Marguerite, 2010). Ainsi, il est possible de collecter des informations sur :

- l'allure des limites de cernes (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement marquée) (cf. chapitre 2.5 sur les observations macroscopiques) et d'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) de l'arbre. Ce rythme peut être perturbé suite à des coupes réalisées sur l'arbre (ex. lors de traitements en taillis), ou suite à des aléas climatiques (ex. années sèches). 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 espaces cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). Elles mesurent que l'arbre grandit, les cernes de la partie centrale ne sont plus visibles. Le cœur ne joue plus qu'un rôle de soutien. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne entre autres de sécrétions ou dépôts d'excroissances cellulaires appelées thylles obstruant peu à peu les vaisseaux. Les thylles se conservent après carbonisation. Leur observation chez les charbons de bois que ceux-ci proviennent du duramen et non de l'aubier et reflète l'emploi du bois. Toutefois les thylles ne résultent pas de traumatismes d'origine mécanique ou chimique.

Elles sont bien visibles sous un microscope optique car elles sont réfléchissantes. Elles sont faciles à repérer chez le chêne (Marguerite, 2010). Ce critère est utilisé pour écarter des charbons du bois de cœur (pour les charbons de cœur notamment).

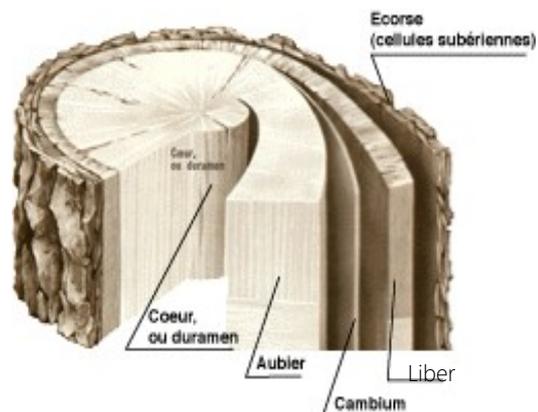
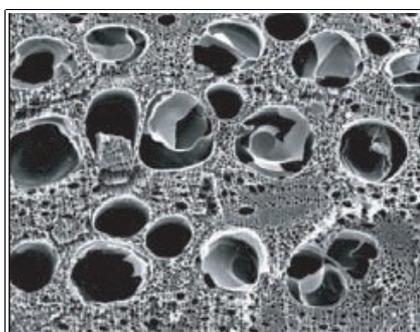
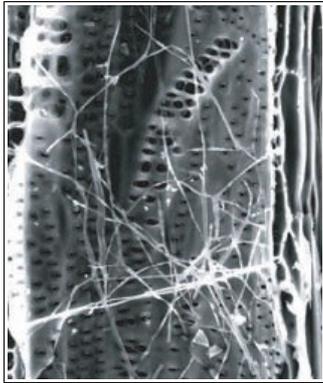


Fig.5 - A gauche Photographie prise au microscope électronique de thylle de duramen carbonisé de chêne (Marguerite et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le cœur (ou duramen) associé à la présence de thylles, des autres tissus dont l'aubier par l'absence de thylles.

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



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

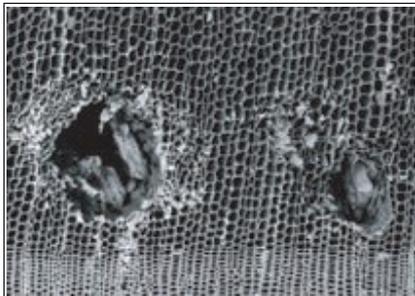
Fig6 - Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de hêtre (Marguerie et al., 2010).

- 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 déterminer le 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 les 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 où l'aubier peut être logiquement attaqué (Marguerie et al., 2010).

Fig7 - Galerie d'insectes xylophages dans un charbon de pin sylvestre (Pierrat-Ouchterlony et al., 2010).

- la largeur moyenne des cernes figurés sur le charbon pour apprécier les caractéristiques biotopiques, (cf. chapitre 2 sur les observations macroscopiques).

- la présence de fentes radiales de retrait et vitrification.

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



Selon Marguerie (2010), la fréquence des fentes radiales de retrait dépend de l'anatomie du bois (densité et rayons), de la partie de la tige (duramen ou aubier), d'humidité du bois (fentes liées à l'évacuation de l'eau) et de la température de carbonisation (Théry-Parisot, 2006). Prior et Alvin (1986), la carbonisation du bois satisfait favorise une augmentation substantielle du nombre de fentes de retrait.

Fig8 - Exemple de fentes radiales (Marguerie et al., 2010).

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des parties internes (Oilic, 2011). Selon Marguerie (2010), elle est la conséquence de conditions spécifiques de combustion ou de taphonomie, voire d'un état particulier du bois avant la combustion. Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation du bois, l'apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 1982). Prior et Alvin (1986) ont constaté la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior et Alvin, 1986). Le seul critère serait remis en cause par LM (2010) : de fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes et une anaérobiose" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer cette vitrification selon Bailly (2004). Selon H. Seignalet (Nicolas, 2013), la vitrification demeure un phénomène qui n'a jamais été reproduit en laboratoire expérimental. On retrouve des charbons vitrifiés dans deux types de structures : les fours à charbonniers. C'est 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 fournie par 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 un aspect mat, gris ou noir.
2. Aspect luisant : les charbons ont un aspect gris foncé à clair très brillant.
3. Aspect foncé : cette catégorie regroupe l'ensemble des charbons qui présentent des surfaces extrêmement brillantes, où les structures anatomiques du bois ont complètement disparu.
4. Aspect scorifié : cet aspect correspond au dernier degré de vitrification. Les charbons ont perdu la quasi-totalité de leurs structures anatomiques. Il ne reste que qu'une sorte de magma informel solidifié, donnant parfois l'aspect d'être un verre. Ponctuellement, les reliefs de parois cellulaires peuvent être observés sur des charbons de l'origine végétale et qui permettent de le distinguer d'une scorie sidérurgique.

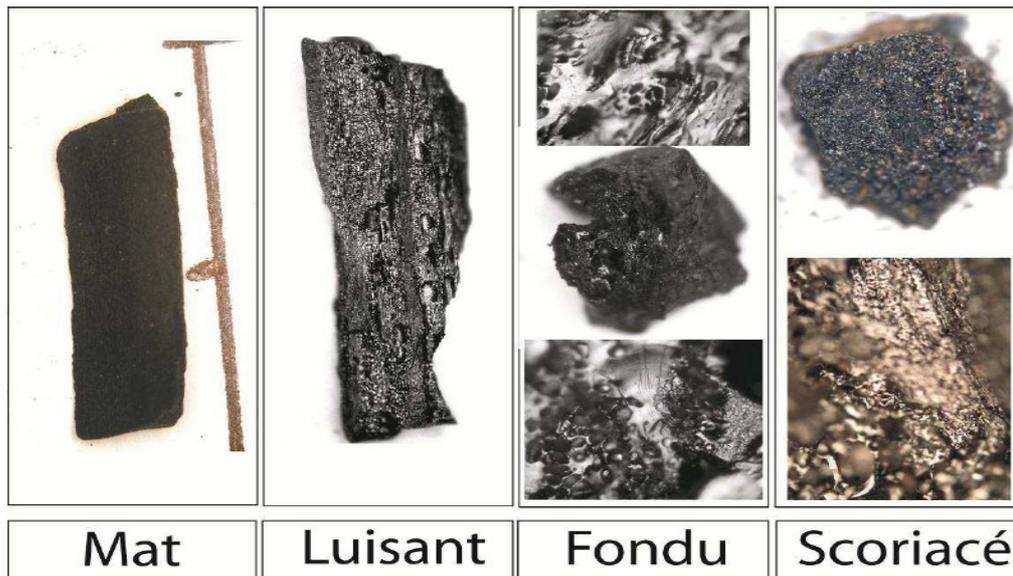


Fig9 - Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements (extrait de Oilic, 2011).

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

Remarque: l'aspect de certains charbons n'a pu être qualifié par cette classification, car ils avaient en effet un aspect «granuleux», avec des structures anatomiques indéterminées. Cet aspect se différencie de l'aspect «scoriacé» fait qu'il ne semble pas se produire de phénomène de fusion des parois cellulaires. Un cinquième aspect «granuleux» (Fig10) a donc parfois été utilisé.

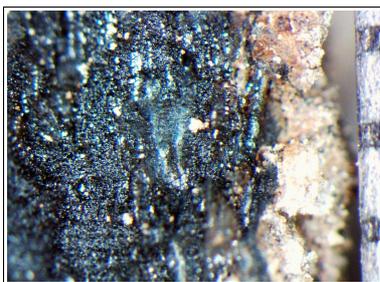


Fig10 - Exemple de fragments charbonneux avec un aspect «granuleux»

-la saison d'abattage est repérable lorsque le dernier cerne est identifié. Un échantillon de ce dernier cerne rend parfois possible la détection du bois initial (le bois final (ou bois d'été). Par exemple, l'arrêt brutal de la croissance 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 est d'ordre ethnographique. L'identification des restes ligneux renseigne sur la sélection des essences destinées au bois d'œuvre (charpentes, planchers

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...).

#### - 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.

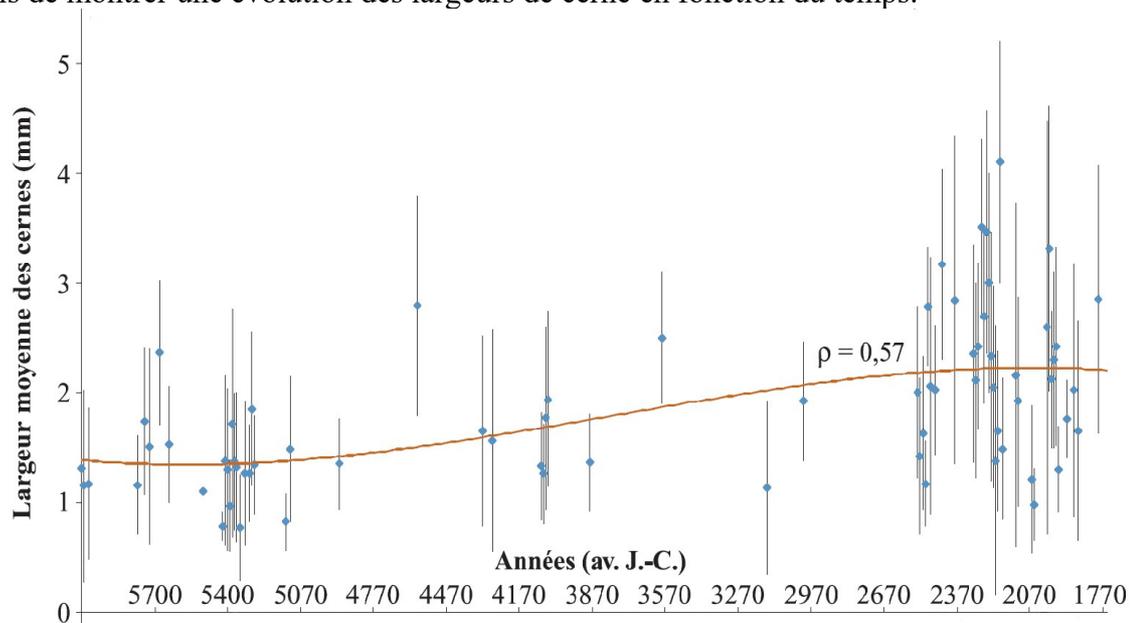


Fig. 11 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie et al., 2010).

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.

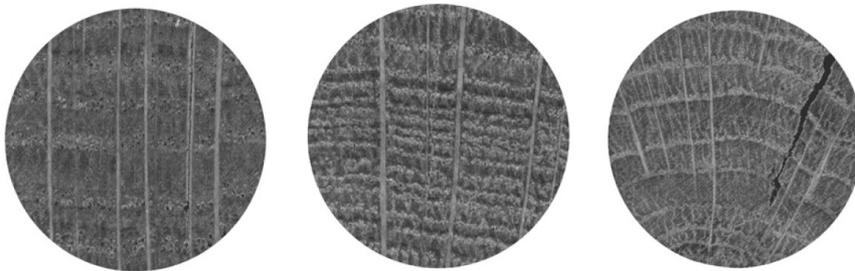


Fig. 12 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

## 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.

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 fragment 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 fragment 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 fragment 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 fragment. Dans ce cas, il est plus judicieux d'effectuer les mesures dans une partie saine du fragment et d'ajouter ensuite au rayon la distance entre le lieu de ces mesures et la marge externe du charbon.

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

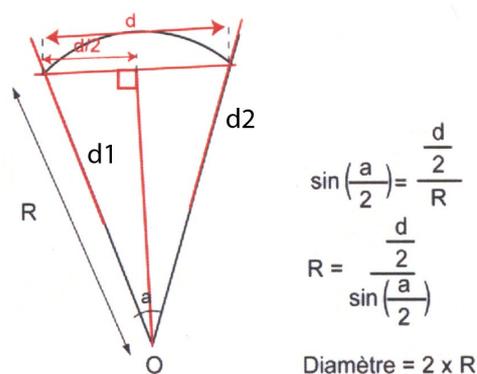


Fig. 13 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007)

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

L'étude a permis de déterminer quatorze à seize taxons anthracologiques (certains taxons désignent plusieurs essences possibles). 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 sativa*) sur ce site reste très hypothétique car c'est la détection d'un critère anatomique (les rayons multisériés) qui permet de le différencier du chêne. 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 offre un bois homogène sans duramen distinct se travaillant assez facilement. C'est un bois dur à fine écorce. Son utilisation est très variée : objets ménagers, manches d'outils, mobilier. Il peut aussi être utilisé dans la construction, mais plutôt pour les menuiseries intérieures car il est sensible à l'humidité. Il n'est pas adapté pour la structure d'une charpente, mais davantage pour l'ébénisterie, parquets, lambris, escaliers et pièces nécessitant un cintrage. Il constitue un excellent bois de chauffage

et fournit un charbon très estimé. Toutefois, il peut être difficile à allumer, l'utilisation de petit bois provenant d'un arbre léger peut aider à l'allumage.

Quelques éléments de **frêne** (*Fraxinus sp.*) ont été identifiés. Ce genre correspond au frêne commun (*Fraxinus excelsior*) dans la région considérée. C'est un taxon mésophile à mésohygrophile que l'on trouve dans les bois frais, aux bords des eaux, sur les versants ombragés. Il est souvent associé aux forêts ripicoles, chênaies et hêtraies-chênaies. Le feuillage est un très bon fourrage pour les animaux (Rameau *et al.*, 1989). Il est considéré comme un bon bois de chauffage car c'est un bois dense (570 kg / m<sup>3</sup>) avec un pouvoir calorifique important et générant une combustion lente.

**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 / m<sup>3</sup>), c'est donc un bois qui possède un bon pouvoir calorifique.

**Les Pomoïdeae ou Maloïdeae** (ex. aubépine, poirier, néflier, alisier, cormier) et 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)**.

Les **Pomoïdées** englobent par exemple les **poiriers-pommiers** mais aussi l'**aubépine**. Les charbons du genre *Prunus sp.* peuvent aussi correspondre aux **merisiers** et aux **cerisiers**.

Excepté le merisier (*Prunus avium*), ces taxons fournissent de bons combustibles.

Les bois des Pomoïdées sont denses, lourds, stables avec une teinte généralement brun rougeâtre. Malgré leurs duretés ce sont des bois qui se travaillent bien. Leurs grains d'une grande finesse et d'un poli exceptionnel, oriente les produits de qualité vers la lutherie, le tranchage pour des placages haut de gamme, la marqueterie, la tournerie, la sculpture et la gravure.

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

**La viorne** (*Viburnum sp.*) correspond potentiellement à trois espèces. La viorne lantane (*Viburnum lantana*) et la viorne obier (*Viburnum opulus*) sont communes en France sauf en région méditerranéenne, c'est l'inverse pour la viorne-tin (*Viburnum tinus*). En ce qui concerne la viorne lantane et la viorne obier, elles forment des arbrisseaux héliophiles ou de demi-ombres que l'on retrouve dans les haies, les lisières, les rocailles, les bois clairs et forêts riveraines (humides). Le bois est utilisé dans la vannerie, la corderie, l'encollage.

**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.

Les **Ericacées** dont la **callune** (*Calluna sp.*) 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.

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.

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

### 3 INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS

#### 3.1 Prélèvements d'un Foyer Paléo. Sup. Final / Mésolithique / Néolithique : Zone 5, Fait 86,

##### 3.1.1 Résultats

- Prélèvement n° A.14984

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informé solidifié	Fendu / Luisant / noeud
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	6	0	5	0	4	0	0	1	1	0	1

Fig. 14 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z5\_F86, n° 14984.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	4	11	0,99	0,21	0,72	1,23

Fig. 15 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement Z5\_F86, n° 14984.

- Prélèvement n° A.14985

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	5	0	4	1	4	0	0	3	1	1

Fig. 16 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z5\_F86, n° 14985.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	4	10	0,88	0,05	0,85	0,95

Fig. 17 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement Z5\_F86, n° 14985.

- Prélèvement n° A.16809

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informé solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	9	0	1	1	0	0	0	0	5	0	1	2
Quercus sp.	9	0	6	1	5	1	0	3	5	0	0	5

Fig. 18 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z5\_F86, n° 16809.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	5	18	1,06	0,46	0,4	1,65

Fig. 19 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement Z5\_F86, n° 16809.

- Prélèvement n° A.16800

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	3	1	1	0	2	0	0	2	0

Fig. 20 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z5\_F86, n° 16800.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	2	7	1	0,4	0,73	1,28

Fig. 21 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement Z5\_F86, n° 16800.

- Prélèvement n° A.16807

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	endu/Luisant	Thylle
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Quercus sp.	5	0	3	0	3	0	0	1	2	1

Fig. 22 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z5\_F86, n° 16807.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	8	1,11	0,37	0,81	1,53

Fig. 23 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement Z5\_F86, n° 16807.

- Prélèvement n° A.14987

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Acer sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
Quercus sp.	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1

Fig. 24 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z5\_F86, n° 14987.

### 3.1.2 Interprétations

Seulement deux à trois taxons anthracologiques ont été identifiés pour l'ensemble des six prélèvements. Il s'agit essentiellement du chêne (*Quercus sp.*) et du chêne-châtaigner (*Quercus sp. - Castanea sativa*). Notons que l'hypothèse de la présence du châtaignier est peu probable. Le taxon anthracologique « chêne-châtaigner » est surtout lié à la difficulté de distinguer le chêne du châtaignier pour les petits fragments (cf. note à ce sujet chapitre 2.5). Un seul fragment d'érable (*Acer sp.*), identifié dans le prélèvement « A.14987 », apporte un peu de diversité.

Ce sont en majorité des fragments avec une courbure de cerne intermédiaire qui sont observés, les charbons proviennent donc essentiellement de bois de moyens calibres (branches), hypothèse renforcée par l'observation de thylles caractéristiques de bois de cœur.

Un peu plus de la moitié des fragments montrent des aspects « luisants » ou « fendus-luisants ». Ce premier niveau de « vitrification » est probablement associé à des contextes de combustion chauds et anaérobies (Blazot *et al.*, 2004). On peut émettre l'hypothèse d'une utilisation régulière du foyer entraînant le phénomène plus particulièrement sur les charbons situés en fond de foyer.

Le bois de chêne et d'érable sont considérés comme des bois « durs » (ou semi-lourds pour l'érable). Ils correspondent à de bons combustibles car leurs braises durent longtemps. En ce qui concerne plus particulièrement le chêne, il est souvent utilisé pour alimenter les combustions. C'est en revanche une essence qu'il est difficile à enflammer, d'où l'intérêt de l'associer à des brindilles ou des essences de bois tendres (ex. le saule, noisetier, bouleau) qui flambent bien et rapidement. Dans le cadre de cette étude, l'absence de ces bois d'allumage pose question car cela implique une phase d'allumage qui a dû être assez réduite (et non perçue) par rapport à la phase d'entretien des combustions. On peut supposer toutefois l'utilisation de petites branches de chêne et / ou d'érable (le fragment d'érable présente une forte courbure de cerne).

Les mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne de courbure faible et intermédiaire indiquent des moyennes de l'ordre de 1 mm / an. Cette valeur est caractéristique d'une collecte dans un boisement au contexte de croissance difficile (boisement dense, sols pauvres, mauvaise exposition ?).

En ce qui concerne l'attribution chronologique du foyer. Le bois de chêne caducifolié correspond à un ensemble d'essences (chêne sessile, chêne pubescent, chêne pédonculé) nécessitant des températures douces, voire thermophiles (chêne pubescent), même si elles sont assez résistantes au froid. Les diagrammes polliniques du nord de la France et plus précisément du Bassin parisien s'accordent pour attribuer les toutes premières occurrences de chêne (pollens) au cours du Préboréal voire au Dryas récent (entre 10700 et 9000 BP). Mais c'est durant la période du Boréal (env. 9000 à 8000 BP, période du Mésolithique moyen) que la chênaie amorce véritablement son développement (Leroyer et Allenet, 2006 ; Gaudin, 2004 ; Thiebault, 2010).

### 3.2 Prélèvement de rejets de bûcher funéraire : Zone 4, Fait 120,

#### 3.2.1 Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud
<i>Fagus sylvatica</i>	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fig. 25 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z4\_F120.

#### 3.2.2 Interprétations

Seulement quatre fragments ont pu être identifiés, il s'agit systématiquement de charbons de hêtre (*Fagus sylvatica*). L'observation des courbures de cerne montre l'utilisation de bois de gros à moyen calibre. Les autres charbons, en cours de minéralisation, n'ont pas pu être déterminés.

Le hêtre est un bois dur, il est considéré comme un excellent combustible, ce qui apparaît cohérent dans le cadre d'un bûcher funéraire.

L'étude anthracologique de rejets de crémation datés du 1er siècle ap. J.-C. à Goustranville (14) (Gaudin, 2019) montra par exemple l'utilisation en abondance de bois de chêne et de hêtre.

### 3.3 Prélèvements de structures de combustion quadrangulaires : Zone 2, Fait 669 et Zone 5, Fait 251,

#### 3.3.1 Résultats

- Prélèvement de la Zone 2, Fait 669

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud		Fondu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux - indet.
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Quercus/Castanea	4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Quercus sp.	17	1	10	0	2	0	0	2	3	0	1	0	0	1

Fig. 26 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z2\_F669

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	2	5	1,53	0,53	1,15	1,9

Fig. 27 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement Z2\_F669.

- Prélèvement Zone 5, Fait 251

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	endu/Luisant	
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	1	0	0	
Quercus sp.	24	0	6	1	4	0	6	0	2	

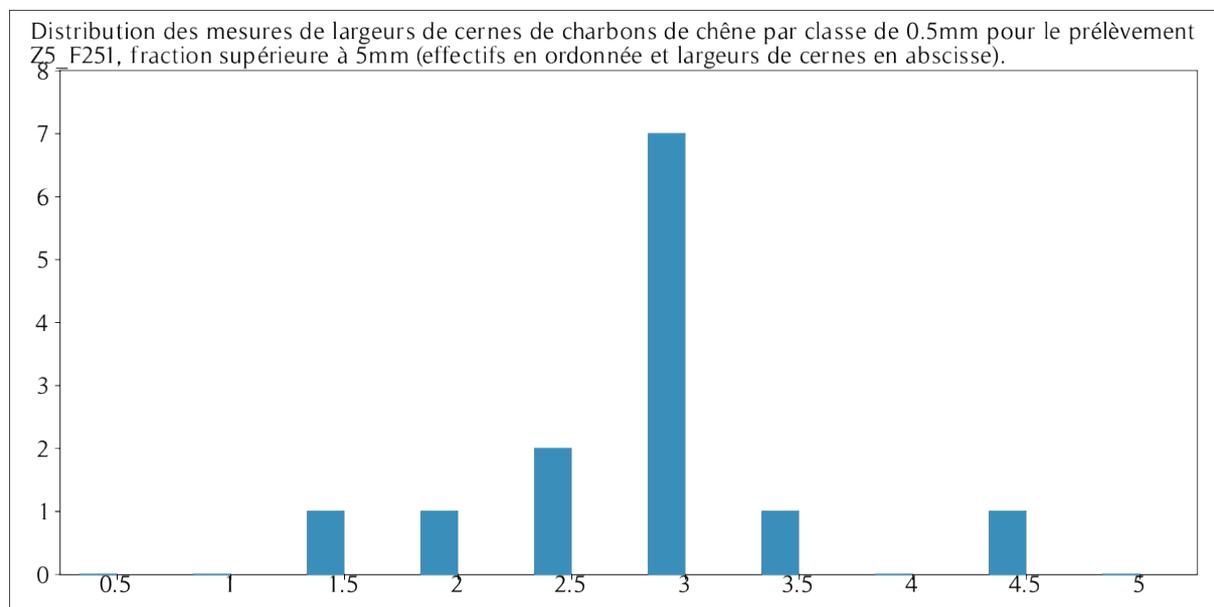
Fig. 28 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z5\_F251, fraction inférieure à 5 mm.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	4	7	2,06	0,38	1,74	2,5

Fig. 29 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement Z5\_F251, fraction inférieure à 5 mm.

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	endu/Luisant	
Quercus/Castanea	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Quercus sp.	24	3	14	2	13	2	15	0	2	12

Fig. 30 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z5\_F251, fraction supérieure à 5 mm.



Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	13	33	2,55	0,71	1,14	4,11

Fig. 31 – Tableau des mesures et histogramme de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement Z5\_F251, fraction supérieure à 5 mm.

### 3.3.2 Interprétations

Pour l'ensemble des lots nous avons fait à la fois des observations dans les passes supérieures à 5 mm et comprises entre 2 et 5 mm. Nous n'avons pas constaté de différences majeures.

Deux taxons anthracologiques identiques ont été identifiés dans les deux prélèvements, il s'agit de fragments de chêne (*Quercus sp.*) et de chêne-châtaignier (*Quercus sp.* - *Castanea sativa*). Notons que l'hypothèse de la présence du châtaignier est peu probable (cf. notes à ce sujet chapitre 2.5).

De façon globale ce sont des bois de moyens calibres qui ont été utilisés. En effet, ce sont en majorité des fragments avec une courbure de cerne intermédiaire. Cela correspond à des branches de quelques centimètres de diamètres. Notons que les fragments retrouvés dans le prélèvement de la zone 5 montraient beaucoup de thylles, indiquant l'utilisation de branches composées d'une part importante de bois de cœur (branches de bois mûre).

Assez peu de fragments avaient un aspect luisant, en revanche on constate une part assez importante de charbons avec des fentes de retrait (environ 36%). Cela pourrait résulter de bois brûlés à l'état vert.

Le chêne est un bois dur et constitue un excellent combustible. Les braises durent longtemps et rayonnent davantage. L'absence de bois d'allumage (bois tendres) implique une phase d'allumage qui a dû être assez réduite par rapport à la phase d'entretien des combustions.

Le type de structure de combustion « de forme quadrangulaire » et le choix exclusif d'un excellent combustible (chêne) appuierait plutôt l'hypothèse de restes de combustions à vocations « artisanales » associées à des phases d'entretien importantes. En effet, dans le cas d'une combustion domestique on aurait pu s'attendre à observer davantage d'hétérogénéité liée à des phases d'allumages répétées et des ramassages de « tout venant ».

Notons que le contexte des « fosses quadrangulaires » aux parois rubéfiées, le contenu anthracologique « monospécifique » constitué exclusivement de bois de chêne et le calibre relativement homogène des bois utilisés (calibre intermédiaire) seraient assez cohérents avec l'hypothèse de **fosses à charbonnage** et ce même si la proportion des fragments aux aspects luisants est assez faible. Les analyses anthracologiques menées sur des charbons collectés à l'intérieur de fosses aux parois rubéfiées et de formes similaires des sites de Douzy (08) (Etchart-Salas *et al.*, 2020) ou de Le Neubourg (27) (Gaudin, 2019) livrèrent des résultats similaires, avec toutefois davantage de fragments d'aspects luisants.

Les mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne de courbure faible et intermédiaire indiquent une moyenne de l'ordre de 2,55 mm / an (Fig. 31). Ce résultat est caractéristique d'un contexte de croissance favorable, peut-être un boisement clair ou une haie.

### 3.4 Prélèvements de fours à chaux (x6) : Zone 2, Fait 1072 (ensemble 1) et Zone 2, Fait 1069 (ensemble 2)

#### 3.4.1 Résultats

- Prélèvement Zone 2, Fait 1072 (ensemble 1)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux - indet.
Indéterminé	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Quercus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Fig. 32 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z2\_F1072.

- Prélèvement Zone 2, Fait 1069 (ensemble 2)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux - indet.	
Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
Quercus sp.	20	1	10	7	9	4	9	1	0	0	2	0	0	18

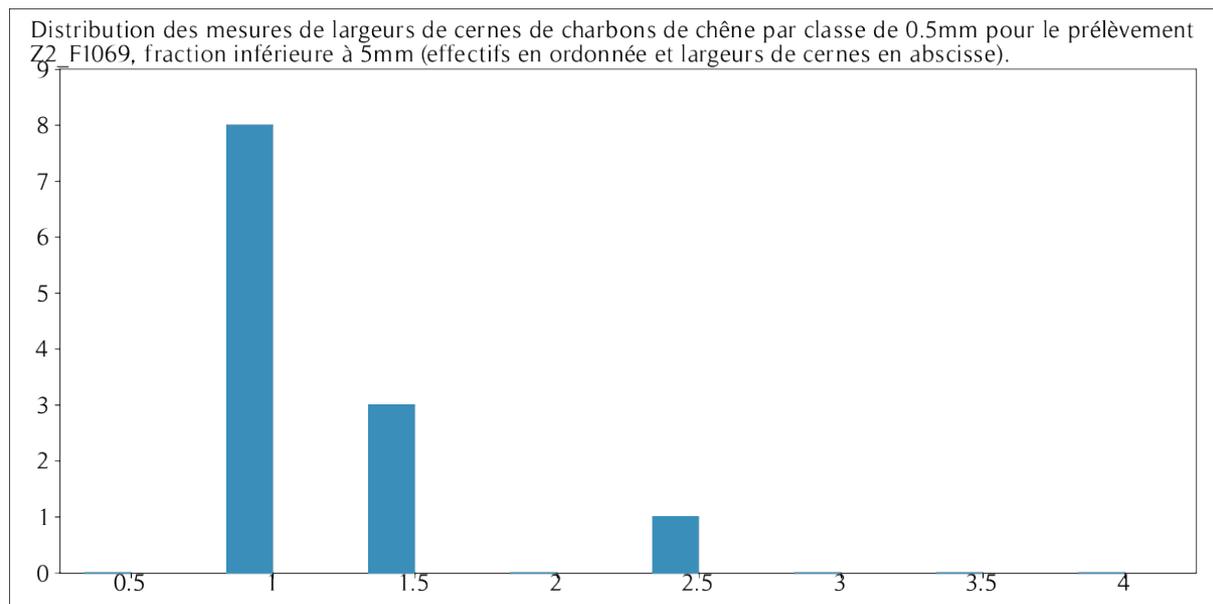
Fig. 33 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z2\_F1069, fraction supérieure à 5 mm.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	8	35	0,95	0,13	0,76	1,14

Fig. 34 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement Z2\_F1069, fraction supérieure à 5 mm.

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	endu/Luisant	
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Quercus sp.	26	0	13	2	12	1	7	1	0	16

Fig. 35 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z2\_F1069, fraction inférieure à 5 mm.



Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	12	32	1	0,4	0,57	2,05

Fig. 36 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement Z2\_F1069, fraction inférieure à 5 mm.

### 3.4.2 Interprétations

Les deux ensembles charbonneux ont fait l'objet de tamisages à sec permettant d'obtenir des sous-échantillonnages avec des fragments supérieurs à 5 mm et compris entre 5 et 2 mm.

L'étude du prélèvement du Fait 1072, n'a pas permis d'analyser beaucoup de charbons. Seulement deux fragments de chêne (*Quercus sp.*) ont pu être identifiés (Fig. 32). La plupart des fragments avait un aspect très friable, cendreuse (granuleux) ne permettant pas d'identification. Cet état de dégradation pourrait être lié aux conditions de combustions intenses (hautes températures) à l'intérieur des fours.

L'étude du prélèvement de l'ensemble 2 (Fait 1069) a permis d'observer davantage de fragments.

Le chêne (*Quercus sp.*) et le chêne-châtaigner (*Quercus sp. Castanea sativa*) sont les deux essences identifiées. Le taxon anthracologique « chêne-châtaigner » reste hypothétique, il est surtout lié à la difficulté de distinguer le chêne du châtaignier pour les petits fragments.

Les fragments observés montrent principalement des courbures de cerne intermédiaires. Des thylls ont été observés sur la plupart des fragments, caractérisant du bois de cœur. Ce sont donc principalement des branches « mûres » qui ont été utilisées.

Les charbons ne montrent pas d'aspect particulièrement luisant. Ce constat va à l'encontre de ce que l'on observe généralement dans des contextes de fours. En effet, les combustions en milieu chaud et anaérobie génèrent des processus de vitrification complexes conférant des aspects luisants aux charbons (cf. chapitre 2.2), ce qui n'a pas été le cas ici.

Un peu plus d'un tiers des charbons montre des fentes de retraits typiques de bois brûlés à l'état vert. C'est là un fait un peu surprenant dans le cadre d'une activité artisanale (fours à chaux ?), où la qualité du combustible est souvent sélectionnée avec soin (bois sec).

Pour l'ensemble 2 (Fait 1069), l'hypothèse de rejets charbonneux provenant d'un autre contexte de combustion que celui des fours à chaux est probable.

Les mesures de largeurs de cernes ont permis de calculer des moyennes de l'ordre de 1 mm/an (Fig. 34 et 36). Ces valeurs sont typiques de contextes de croissance difficiles, peut-être des boisements denses ou des espaces contraignants (sols pauvres, mauvaises expositions...)

### 3.5 Prélèvements de « fours en sape » : Zone 5, Fait 260

#### 3.5.1 Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle	Insecte	Moelle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux - indet.				
Acer sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betula sp.	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cornus sp.	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cornus/Viburnum	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corylus avellana	16	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fraxinus sp.	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	5	0	0	0	0
Quercus/Castanea	13	0	0	2	0	0	1	3	0	0	3	0	1	0	0	0	0
Quercus sp.	36	1	4	15	4	0	0	16	1	0	2	0	0	4	0	0	0

Fig. 37 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z5\_F260.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	4	6	1,84	0,58	1	2,35

Fig. 38 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement Z5\_F260.

### 3.5.2 Interprétations

Cet ensemble charbonneux est apparu plus hétérogène. Huit taxons anthracologiques ont été identifiés. Par ordre d'importance on constate des fragments de chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaignier (*Quercus sp. - Castanea sativa*), noisetier (*Corylus avellana*) et dans une moindre mesure de bouleau (*Betula sp.*), frêne (*Fraxinus sp.*), cornouiller (*Cornus sp.*), « cornouiller / viorne » (*Cornus sp. / Viburnum sp.*) et érable (*Acer sp.*). L'hypothèse de la présence du châtaignier est peu probable (cf. note à ce sujet chapitre 2.2). Pour un fragment il n'a pas été possible de discerner la viorne du cornouiller d'où le taxon anthracologique « cornouiller / viorne ».

L'observation des courbures de cernes montre une majorité de fragments montrant une forte courbure de cerne mais aussi quelques fragments de courbure intermédiaire. Les fragments proviennent donc de bois de petit à moyen calibre probablement un mélange de petites branches et de brindilles.

Les fragments de quelques essences montrent un calibre un peu plus gros (courbure intermédiaire : chêne, frêne et noisetier). Le chêne, le frêne, l'érable correspondent à des bois qui ont un bon pouvoir calorifique. Ce sont en effet des bois denses ou « durs » générant une combustion lente et des braises qui durent plus longtemps. Ces essences correspondent probablement aux bois qui ont permis d'alimenter les combustions. Les bois de plus petit calibre tels que le bouleau et le noisetier sont des bois plus tendres. Ces bois s'enflamment rapidement mais durent peu. Ils ont probablement été utilisés lors de phases d'allumage.

Un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué sur les compositions anthracologiques du prélèvement (Fig.39).

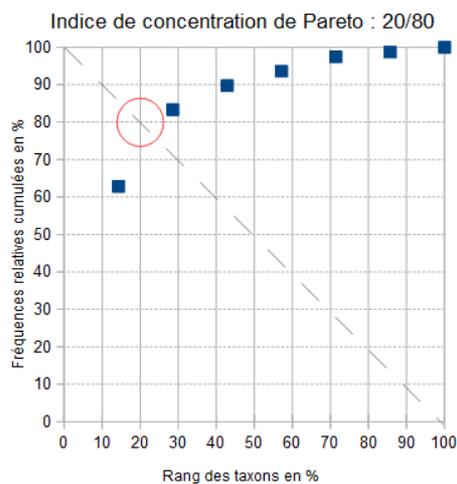


Fig. 39 – Indice de concentration de Pareto pour le prélèvement Z5\_F260. Le calcul a été effectué sur sept taxons, les effectifs du « chêne » et du « chêne-châtaignier » ont été rassemblés.

Même si le rapport d'équilibre constaté dans la nature (20% des taxons correspondant à environ 80% de la biomasse) n'est pas tout à fait atteint (Fig. 39), il est probable que l'étude de davantage de charbons aurait permis de se rapprocher de cet équilibre (Chabal, 1997). 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 autour du site. Si l'on en croit cet indice, la composition anthracologique constatée est probablement issue de ramassages de « tout venant », peu sélectifs et généralement associés à des usages domestiques. L'utilisation d'essences de combustibilité assez médiocre (cornouiller, viorne ?) aurait aussi tendance à renforcer cette hypothèse.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, on constate des aspects « luisants » pour environ 30% des fragments. Ces aspects sont généralement interprétés comme le résultat de combustions en milieu chaud et confiné (Blaizot *et al.*, 2004). Pour cet ensemble charbonneux en plus du contexte de « four en sape », le petit calibre des bois a dû aussi favoriser le phénomène de « vitrification » (Oilic, 2011).

L'aire de ramassage semble avoir touché à la fois des boisements de type « chênaie diversifiée (chêne, érable, frêne) » et des formations végétales plus ouvertes avec le noisetier, le bouleau, le cornouiller, voire la viorne. Ce sont peut-être des secteurs de lisières, haies, voire de fourrés.

Les mesures de largeurs de cernes réalisées sur quelques fragments de chêne de courbures faibles à intermédiaires ont livré des valeurs de l'ordre de 1,84 mm / an (Fig. 25), ce qui correspond à des contextes de croissance plutôt difficiles (boisements denses?).

### 3.6 Prélèvements d'un « four indéterminé » : Zone 2, Fait 1095

#### 3.6.1 Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform
Fraxinus sp.	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salix sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 40 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z2\_F1095.

#### 3.6.2 Interprétations

Le prélèvement provient d'une structure de combustion de type « four indéterminé ». Il s'agit d'un petit ensemble charbonneux. Seulement quatre fragments ont été identifiés : du frêne (*Fraxinus sp.*), du chêne (*Quercus sp.*) et du saule (*Salix sp.*). Les charbons n'avaient pas d'aspect particulièrement luisant.

Les bois de chêne et de frêne sont des bois denses et constituent de bons combustibles (leurs combustions durent longtemps) alors que le saule est un bois tendre, plutôt utilisé pour l'allumage.

Le saule et le frêne correspondent à des boisements hygrophiles.

### 3.7 Prélèvement de structures de combustion circulaires : Zone 2, Fait 598 et Fait 803

#### 3.7.1 Résultats

- Prélèvement Zone 2, Fait 598

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Moelle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux - indet.		
Acer sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alnus sp.	9	0	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Frag. de brindille indéterminé	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine (type Céréale)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0
Pomoidée	23	0	5	9	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4

Fig. 41 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z2\_F598, fraction inférieure à 5 mm.

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux - indet.	
Alnus sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomoidée	15	0	2	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Salix/Populus	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 42 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z2\_F598, fraction supérieure à 5 mm.

- Prélèvement Zone 2, Fait 803

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						Moelle		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform.		Aspect granuleux - indet.	
Calluna sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Frag. de brindille indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Frag. écorce	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Pomoidée	12	0	2	5	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2
Prunus sp.	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sambucus sp.	7	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 43 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z2\_F803, fraction inférieure à 5 mm.

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						Moelle		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform.		Aspect granuleux - indet.	
Frag. de brindille indéterminé	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Frag. écorce	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Pomoidée	9	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sambucus sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 44 – Essences et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement Z2\_F803, fraction supérieure à 5 mm.

### 3.7.2 Interprétations

Les prélèvements ont systématiquement fait l'objet de tamisages selon des mailles de 5 et 2 mm. Les sous-échantillonnages de chaque prélèvement ont livré des compositions anthracologiques semblables.

Quatre taxons anthracologiques ont été identifiés à l'intérieur de chaque prélèvement. Il s'agit de fragments de la famille des Pomoïdées (*Pomoïdeae*), d'érable (*Acer sp.*), d'aulne (*Alnus sp.*), du saule/peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*) pour le prélèvement du Fait 598 et de charbons de Pomoïdées (*Pomoïdeae*), sureau (*Sambucus sp.*), prunellier (*Prunus sp.*) et callune (*Calluna sp.*) pour le prélèvement du Fait 803.

Dans les deux ensembles, les fragments de Pomoïdées sont majoritaires. Les fragments observés correspondent essentiellement à des restes de bois de petits calibres (courbures de cerne fortes), voire de brindilles (indéterminées). C'est donc un même type de combustible qui a été utilisé dans les deux structures.

Le bois d'aulne et de saule-peuplier mais aussi de brindilles (callune) sont des bois tendres qui s'enflamment facilement mais durent peu.

Le bois de prunellier et de Pomoïdées sont en revanche plus denses et ont dû servir de bois pour alimenter et entretenir la combustion.

Les charbons n'ont pas d'aspect luisant, il pourrait donc s'agir de rejets de combustions plutôt ouvertes.

Un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué sur les quatre taxons identifiés dans le prélèvement du Fait 598 (Pomoïdée, aulne, saule/peuplier, érable). 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, même s'il faut considérer le résultat avec prudence car le nombre de taxons utilisés pour le calcul est très faible, on constate un résultat assez proche de ce rapport d'équilibre (Fig. 45). 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 ».

Indice de concentration de Pareto : 20/80  
Prélèvement Fait 598

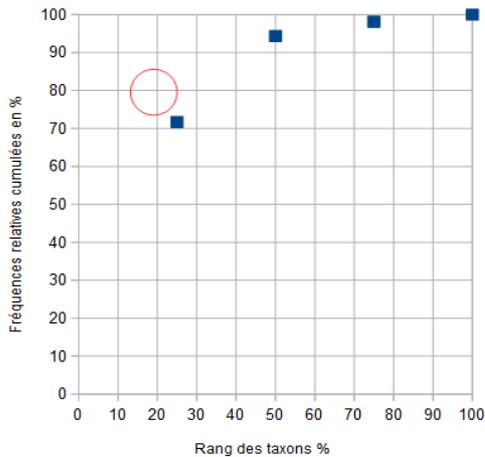


Fig. 45 – Courbe du calcul de l'indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des fragments provenant du Fait 598.

Le caractère relativement hétérogène des deux ensembles charbonneux (tant au niveau des calibres que des essences), en plus du calcul de l'indice de Pareto appuie l'hypothèse de collectes de bois de « tout venant ». Or, ce type de ramassage est plutôt caractéristique de combustions d'origine domestique. L'observation d'un fragment de graine de type céréale dans le Fait 598, tendrait d'ailleurs à renforcer cette hypothèse.

L'aire des ramassages paraît avoir touché à la fois des boisements clairs comme des lisières, des haies (prunellier, famille des Pomoïdées, érable) et des landes-fourrés (callune), mais aussi des boisements plus humides. L'aulne et le saule-peuplier sont caractéristiques des boisements hygrophiles, probablement localisés à proximité d'une zone humide ou dans une zone alluviale. 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. Un peu plus de 450 fragments ont été observés pour les quinze prélèvements (Fig. 1).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<b>Prélèvements , Zone 5 - Fait 86</b>	Chêne ( <i>Quercus sp.</i> ), chêne-châtaigner ( <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sativa</i> ), érable ( <i>Acer sp.</i> )	<p><b>Rejets de combustion : foyer</b></p> <p>Une majorité de fragments provient de bois de moyen calibre, probablement de branches mûres, hypothèse renforcée par l'observation de thylls caractéristiques de bois de cœur.</p> <p>De nombreux fragments montrent des aspects luisants, probables charbons de fond de foyer, évoquant une ré-utilisation de la structure de combustion.</p> <p>Le chêne et l'érable sont de bons combustibles et ont probablement été sélectionnés pour alimenter la combustion dans la durée. Le bois d'allumage n'a pas été identifié (probablement des petites branches de chêne).</p> <p>Au niveau chronologique, le développement du chêne débute vraiment avec la période du Boréal (Mésolithique moyen), même si quelques occurrences polliniques sont parfois détectées dans les périodes précédentes.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie :</b></p> <p><i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i>, <i>Castanea sativa</i>, <i>Acer sp.</i></p> <p><b>Mesures de largeurs de cernes :</b></p> <p>Moy. = env. 1 mm</p> <p>Les moyennes constatées correspondent à des contextes de croissance globalement difficiles (boisements denses, et/ ou sols pauvres).</p>

Fig. 46 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associés aux prélèvements du Foyer Paléolithique / Mésolithique / Néolithique, Zone 5 - Fait 86

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<b>Prélèvement Zone 4, Fait 120</b>	Hêtre ( <i>Fagus sylvatica</i> )	<p><b>Rejets de bûcher funéraire</b></p> <p>Il s'agit systématiquement de charbons de hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>). L'observation des courbures de cernes montre l'utilisation de bois de gros à moyen calibre.</p> <p>Le hêtre est un bois dur, il est considéré comme un excellent combustible, ce qui apparaît cohérent dans le cadre d'un bûcher funéraire.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie-hêtraie :</b></p> <p><i>Fagus sylvatica</i></p>

Fig. 47 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associés aux prélèvements d'un bûcher funéraire, Zone 4 - Fait 120.

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<b>Prélèvements de la zone 2 – Fait 669 et Zone 5 – Fait 251.</b>	chêne ( <i>Quercus sp.</i> ), chêne-châtaigner ( <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sativa</i> )	<p>Rejets de combustion de structures quadrangulaires : hypothèse de fosses à charbonnage ?</p> <p>Les compositions anthracologiques sont apparues assez semblables, composées de fragments de chêne.</p> <p>L'observation des courbures de cernes montre une majorité de fragments avec une courbure de cerne intermédiaire. Les fragments proviennent donc de bois de moyen calibre, probablement de branches.</p> <p>Le chêne est un bois dur et constitue un excellent combustible pour alimenter des combustions dans la durée. En revanche, l'absence totale de bois d'allumage implique une phase d'allumage qui a dû être réduite par rapport à la phase d'entretien des combustions. Cela va plutôt à l'encontre de l'hypothèse de foyers de « type domestique », où le bois d'allumage est souvent bien représenté.</p> <p>Le contexte des « fosses quadrangulaires » aux parois rubéfiées, le contenu anthracologique « monospécifique » constitué exclusivement de bois de chêne et le calibre relativement homogène des bois utilisés seraient assez cohérents avec l'hypothèse de fosses à charbonnage et ce même si la proportion des fragments aux aspects luisants est assez faible.</p> <p>Près de la moitié des fragments avait des aspects fendus ou fendus-luisants. Cela pourrait résulter de bois brûlés à l'état vert.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie :</b> <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i>, <i>Castanea sativa</i>,</p> <p><b>Mesures de largeurs de cernes :</b></p> <p><b>Z2_F669 :</b> Moy. = 1,53 mm (N=2; Ec-type = 0,53 mm)</p> <p><b>Z5_F251 (Fraction inf. 5mm):</b> Moy. = 2,06 mm (N=4; Ec-type = 0,38 mm)</p> <p><b>Z5_F251 (Fraction sup. 5mm):</b> Moy. = 2,55 mm (N=13; Ec-type = 0,71 mm)</p> <p>Les moyennes constatées correspondent à des contextes de croissance hétérogènes boisements moyennement denses ?).</p>

Fig. 48 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associés aux prélèvements de structures de combustion quadrangulaires de la zone 2 – Fait 669 et zone 5 – Fait 251.

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<b>Prélèvements de l'ensemble n°1 (zone2 Fait 1069) et de l'ensemble n°2 (zone 2, Fait 1072)</b>	chêne ( <i>Quercus sp.</i> ), chêne-châtaigner ( <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sativa</i> )	<p><b>Hypothèse de rejets de combustion associés à des fours à chaux</b></p> <p>Les deux ensembles charbonneux sont constitués exclusivement de fragments de chêne, excellent combustible. Toutefois les caractéristiques dendrologiques observées diffèrent :</p> <p>Pour l'ensemble n°1 (Zone 2 – Fait 1072), la plupart des fragments avait un aspect très friable, cendreuse (granuleux) ne permettant pas d'identification. Cet état de dégradation pourrait être lié aux conditions de combustions intenses (hautes températures) à l'intérieur des fours.</p> <p>Pour l'ensemble n°2 (Zone 2 – Fait 1069), c'est principalement du bois de branches qui a été utilisé. Les charbons n'avaient pas d'aspect luisant, ce qui va à l'encontre des processus de « vitrification » attendus dans ce type de contexte. De plus, beaucoup de charbons avaient des aspects fendus, caractéristique de bois brûlés à l'état vert. <u>l'hypothèse de rejets charbonneux provenant d'un autre contexte de combustion que celui des fours à chaux est probable.</u></p>	<p><b>Boisement de type chênaie :</b> <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i>, <i>Castanea sativa</i>,</p> <p><b>Mesures de largeurs de cernes :</b></p> <p><b>Z2_F1069 (Fraction sup. 5mm) :</b> Moy. = 0,95 mm (N=8; Ec-type = 0,13 mm)</p> <p><b>Z2_F1069 :</b> Moy. = 1 mm (N=12; Ec-type = 0,4 mm)</p>

			Les moyennes constatées correspondent à des contextes de croissance globalement difficiles (boisements denses, et/ ou sols pauvres).
--	--	--	--

Fig. 49 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associés aux prélèvements de fours à chaux : Zone 2, Fait 1072 (ensemble 1) et zone 2, Fait 1069 (ensemble 2).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<b>Prélèvement Zone 5, Fait 260</b>	chêne ( <i>Quercus sp.</i> ), chêne-châtaigner ( <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sativa</i> ), noisetier ( <i>Corylus avellana</i> ), bouleau ( <i>Betula sp.</i> ), frêne ( <i>Fraxinus sp.</i> ), cornouiller ( <i>Cornus sp.</i> ), Cornouiller – viorne ( <i>Cornus sp.</i> - <i>Viburnum sp.</i> )	<p><b>Rejets de « fours en sape »</b></p> <p>L'observation des courbures de cerne montre que les fragments proviennent de bois de petit à moyen calibre, vraisemblablement un mélange de petites branches et de brindilles.</p> <p>Le chêne, le frêne, l'érable correspondent probablement aux bois qui ont permis « d'alimenter » les combustions. Les bois de plus petit calibre tels que le bouleau et le noisetier sont des bois plus tendres. Ces bois s'enflamment rapidement mais durent peu. Ils ont plutôt été utilisés lors de phases d'allumage.</p> <p>Environ 30% des charbons avaient un aspect luisant. Le contexte de combustion « en four » en plus du petit calibre des bois explique probablement ce premier niveau de vitrification.</p> <p>L'hétérogénéité des essences utilisées en plus d'un calcul de l'indice de concentration de Pareto appuie l'hypothèse de collectes de bois de « tout venant », plutôt caractéristiques d'usages domestiques.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie diversifiée :</b></p> <p><i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sativa</i>, <i>Fraxinus sp.</i></p> <p><b>Boisement clairs, lisières :</b></p> <p><i>Betula sp.</i>, <i>Corylus avellana</i>, <i>Cornus sp.</i>, <i>Viburnum sp.</i></p> <p><b>Boisements humides :</b></p> <p><i>Fraxinus sp.</i></p> <p><b>Mesures de largeurs de cernes :</b></p> <p>Moy. = 1,84 mm (N=4; Ec-type = 0,58 mm)</p> <p>Les moyennes constatées correspondent à des contextes de croissance plutôt difficiles (boisements denses).</p>

Fig. 50 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associés aux prélèvements d'un bûcher funéraire, Zone 5 - Fait 260.

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<b>Prélèvements Zone 2, Fait 1095</b>	chêne ( <i>Quercus sp.</i> ), frêne ( <i>Fraxinus sp.</i> ), Saule ( <i>Salix sp.</i> )	<p><b>Rejets de combustion d'un four</b></p> <p>Le prélèvement provient d'une structure de combustion de type « four indéterminé ». Il s'agit d'un petit ensemble charbonneux. Seulement quatre fragments ont été identifiés : du frêne (<i>Fraxinus sp.</i>), chêne (<i>Quercus sp.</i>) et saule (<i>Salix sp.</i>). Les charbons n'avaient pas d'aspect particulièrement luisant.</p> <p>Les bois de chêne et de frêne sont des bois denses et constituent de bons combustibles (leurs combustions durent longtemps) alors que le saule est un bois tendre, plutôt utilisé pour l'allumage.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie :</b></p> <p><i>Quercus sp.</i></p> <p><b>Boisements humides :</b></p> <p><i>Fraxinus sp.</i>, <i>Salix sp.</i></p>

Fig. 51 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associés aux prélèvements provenant d'un four indéterminé, Zone 2 - Fait 1095.

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p><b>Prélèvements de la zone 2 : Fait 803 et Fait 598</b></p>	<p>Pomoïdeae, érable (<i>Acer sp.</i>), aulne (<i>Alnus sp.</i>), saule-peuplier (<i>Salix sp.</i> - <i>Populus sp.</i>), sureau (<i>Sambucus sp.</i>), Prunellier (<i>Prunus sp.</i>), callune (<i>Calluna sp.</i>)</p>	<p><b>Hypothèse de rejets de combustion de structures circulaires</b></p> <p>Dans les deux ensembles les fragments de Pomoïdées sont majoritaires. Les fragments observés correspondent essentiellement à des restes de bois de petits calibres (courbures de cerne fortes), voire de brindilles (indéterminées). C'est donc un même type de combustible qui a été utilisé dans les deux structures.</p> <p>Les charbons n'ont pas d'aspect luisant, il pourrait s'agir de rejets de combustions plutôt ouvertes.</p> <p>Le caractère relativement hétérogène des deux ensembles charbonneux (tant au niveau des calibres que des essences), en plus du calcul de l'indice de Pareto appuient l'hypothèse de collectes de bois de « tout venant », ce qui est plutôt caractéristique d'usages domestiques.</p>	<p><b>Boisement clairs, haies, lisières :</b></p> <p><i>Pomoideae, Acer sp., Prunus sp., Sambucus sp.</i></p> <p><b>Landes-fourrés :</b></p> <p><i>Calluna sp.</i></p> <p><b>Boisement humide :</b></p> <p><i>Alnus sp., Salix sp. - Populus sp.</i></p>

Fig. 52 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associés aux prélèvements de structures de combustion circulaires, Zone 2 - Fait 598 et Fait 803.

## - Informations d'ordre environnemental

Quatorze à seize taxons anthracologiques ont été identifiés pour l'ensemble des échantillons prélevés.

Il est bien sûr difficile d'interpréter directement les compositions anthracologiques en termes de paléo-paysages, car les proportions de chaque essence sont en partie 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) :

- les groupements forestiers de la **chênaie diversifiée** avec le chêne (*Quercus sp.*), le chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*), l'érable (*Acer sp.*), le frêne (*Fraxinus sp.*), voire aussi de la **chênaie-hêtraie** avec le hêtre (*Fagus sylvatica*) identifié dans les restes du bûcher funéraire. Notons que le groupement de la chênaie-hêtraie correspond au groupement forestier typique de la période climatique du Subatlantique, largement détecté par la palynologie et majoritaire dans le nord-ouest de la France à cette époque (Gaudin, 2004).
- les **lisières forestières, haies, associations héliophiles de sous-bois** : avec la détection des Pomoïdées (*Pomoïdeae*), du noisetier (*Corylus avellana*), du bouleau (*Betula sp.*), du cornouiller (*Cornus sp.*), du sureau (*Sambucus sp.*), voire de la viorne (*Viburnum sp.*) et de l'érable (*Acer sp.*). Ces essences attestent l'existence d'espaces ouverts ou clairsemés dans l'aire de ramassage. La bruyère de type callune (cf. retrouvée dans les structures de combustion circulaire Fait 803) peut aussi se trouver dans ce type de boisement « ouvert ». Elle est aussi assez typique des formations de **landes**.
- les **boisements hygrophiles** sont perçus par l'intermédiaire de l'aulne (*Alnus sp.*), du saule (*Salix sp.*), du saule-peuplier (*Salix sp. - Populus sp.*) et dans une moindre mesure du frêne (*Fraxinus sp.*). Ces boisements pourraient provenir d'une zone humide, de bords de cours d'eau ou depuis une zone alluviale. Notons que le bouleau et le noisetier, essences ubiquistes, peuvent aussi être associés à ces boisements humides.

Les mesures de largeurs de cernes réalisées sur les fragments de chêne de gros et moyen calibre ont permis de calculer des moyennes pour plusieurs prélèvements de différentes périodes. Mis à part pour la fraction supérieure à 5 mm du prélèvement de la zone 5 Fait 251 (moyenne de 2,55 mm / an), nous constatons systématiquement des valeurs moyennes inférieures à 2 mm / an. Ces valeurs correspondent à des contextes de croissances plutôt difficiles, en liaison avec des conditions abiotiques (ex. sols pauvres, météorologie,...) et/ou biotiques contraignants (compétition vis-à-vis des ressources, ex. chênaie dense).

Notons que les analyses des divers prélèvements livrent des restitutions paléo-paysagères assez différentes, y compris au niveau chronologique. Mais ces différences de végétations perçues sont probablement davantage le fait des aléas des aires de collectes et des usages plutôt que de véritables évolutions paysagères.

- Informations d'ordre technique :

Les ensembles charbonneux analysés correspondent systématiquement à des restes de combustibles, l'hypothèse de restes de bois d'œuvre n'a été envisagée pour aucun des prélèvements.

Les analyses anthracologiques de cinq des sept structures prélevées ont révélé des compositions essentiellement constituées de fragments de chêne (dont chêne-châtaignier) correspondant à du bois de petit à moyen calibre et de hêtre pour le rejet de bûcher funéraire. Le chêne et le hêtre sont des essences qualifiées d'excellents combustibles car ce sont des bois denses qui génèrent beaucoup d'énergie et des braises qui durent longtemps. Il n'est donc pas surprenant de les retrouver comme principaux combustibles.

Les essences « accompagnatrices » (saule, saule/peuplier, aulne, Pomoïdée, érable, frêne, cornouiller, viorne, sureau, callune) ne sont représentées que sous forme de brindilles ou de petites branches.

L'utilisation de bois « semi-lourds » comme l'érable, le frêne voire le bois de Pomoïdée et de *Prunus* ont probablement été utilisés pour alimenter les combustions. On note l'utilisation de bois de Pomoïdée comme essence principale dans les prélèvements des structures circulaires.

En revanche, le saule, saule-peuplier, aulne, noisetier et bouleau sont considérés comme des bois tendres. Les feuillus tendres flambent bien et rapidement mais leurs braises durent peu. Ils n'ont que peu d'intérêt en tant que bois de chauffage si ce n'est leur utilisation pour le démarrage du feu.

Les analyses anthracologiques des rejets du fours en sape, (Zone5 Fait 260) et des prélèvements charbonneux des structures circulaires (Zone 2, Fait 803 et Fait 598), révélèrent des compositions assez hétérogènes tant au niveau des essences que des calibres des bois utilisés. Ce constat, appuyé par des calculs de l'indice de concentration de Pareto permettent d'émettre l'hypothèse de collectes de bois de « tout venant », fait qui serait plutôt à rapprocher d'usages domestiques.

L'aspect luisant est un caractère détecté sur les prélèvements du foyer paléo-mésolithique mais aussi sur les prélèvements du four en sape. Les phénomènes de « vitrification » à l'origine de ces aspects sont particulièrement complexes (chapitre 2.2 ). Ils semblent néanmoins associés à des contextes de combustions anaérobies et de températures importantes (ex. fours, fonds de foyers...). Notons que la combustion de bois de petit calibre serait aussi un facteur favorisant le phénomène (Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011).

Dans le cadre du foyer paléo-mésolithique, c'est l'hypothèse de charbons en fond de foyer qui est émise. Les charbons du four en sape seraient issus de bois de petit calibre et auraient subi une combustion chaude et anaérobie provoquant logiquement l'aspect luisant.

Le phénomène de vitrification n'est toutefois pas perçu au niveau des rejets charbonneux associés aux fours à chaux (zone 2 Fait 1069 et Fait 1072) ni à ceux associés à la structure de type « four indéterminé ». Nous avons donc parfois émis l'hypothèse de rejets provenant d'autres contextes de combustion que ceux de fours (Fig. 49).

L'hypothèse de fosses à charbonnage est suggérée pour les fosses de forme quadrangulaire. En effet, les deux fosses montrent des parois rubéfiées et ont des compositions anthracologiques constituées de charbons de chêne de courbures intermédiaires, caractéristiques semblables à d'autres structures de combustion interprétées comme des fosses à charbonnage, même si la proportion des charbons d'aspect luisant est assez faible dans le cadre de l'étude ci-présente. Notons de plus que le bois de chêne semble avoir été brûlé à l'état « vert » car de nombreuses fentes de retrait sont observées sur les fragments.

Ce type de fosse à charbonnage a par exemple été décrit dans des études menées sur les sites de Quévert (22) (Hamon, 2014), Douzy (08) (Etchart-Salas *et al.*, 2020) ou plus proche sur le site de Le Neubourg (Gaudin, 2019b). Les sites comportent généralement plusieurs fosses de charbonnage en lien plus ou moins direct avec la production de fer. Les fosses de formes rectangulaires et profondes d'une quinzaine de centimètres montrent des traces de rubéfiations sur les parois. Selon les différents auteurs et interprétations, l'absence de battitures à l'intérieur du comblement paraissent cohérentes avec l'attribution très probable de la fonction de fosse de charbonnage à ces structures dans lesquelles la combustion du bois ne doit pas être vive, mais, au contraire, menée en quelque sorte de façon 'étouffée', classiquement par le recouvrement de la structure de motte de terre. La technique de production de charbon à partir d'excavation au sol consiste à enfouir dans des cavités d'un volume moyen de 1m<sup>3</sup> un stock de bois scellé à l'aide d'une couverture de terre et de végétaux. La combustion du bois est alors menée sous surveillance durant quelques jours jusqu'à sa totale transformation. Le fonctionnement connu implique ensuite un tri des charbons lors du désenfournage, avec une récupération des plus gros éléments et un rejet à proximité de la fosse ou dans la fosse des petits éléments.

## 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.
- ETCHART-SALAS M., GAUDIN L., BRUN O., 2020 – *Le charbonnage en fosse à La Tène finale et à l'époque gallo-romaine dans les Ardennes : le site de « Mohimont » à Douzy*. Bulletin de la Société Archéologique Champenoise, Tome 113, n°4, p. 51-76.
- 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.
- GAUDIN L., 2019 – *Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération archéologique du site « Le plain Gruchet », route de Bavent, à Goustranville (14)*. Rapport d'étude anthracologique. Service départemental d'archéologie du Calvados. 49 p.
- GAUDIN L., 2019b – *Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération archéologique « AP-167 » (Collège), Le Neubourg (27)*. Rapport d'étude anthracologique, Service départemental de l'Eure. 43 p.
- LEROYER C., ALLENET G., 2006 – *L'anthropisation du paysage végétal d'après les données polliniques : l'exemple des fonds de vallées du Bassin parisien*. In : ALLEE P., LESPEZ L., (éds.), Presses Universitaires Blaise Pascal. *L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement*. p. 63-72.
- 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., B\_LANCHET 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.

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.

THIEBAULT S., 2010 – *Archéologie environnementale de la France.* Edition La Découverte (Collection "Archéologie de la France"). 177 p.