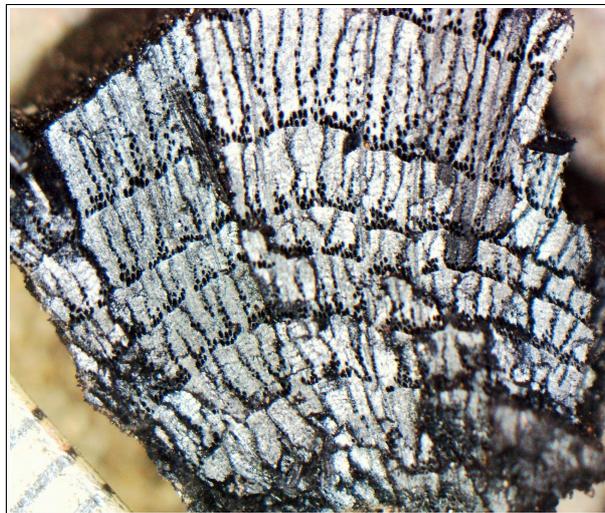




# ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES  
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSE DES FRAGMENTS CHARBONNEUX  
PRÉLEVÉS LORS DES OPÉRATIONS  
C309\_06 ET C309\_11,  
RUE DU CHEMIN DE FER À CHARTRES (28)**



**Service Archéologique de la Ville de Chartres,**

**Rapport d'étude anthracologique**

**Décembre 2018**

Service archéologique de la Ville de Chartres

**Opérations archéologiques C309\_06 et C309\_11 de la rue du chemin de fer à  
Chartres (28)**

---

**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 2018**

*Illustration de la page de couverture :*

*Charbon de chêne (Quercus sp.) de forte courbure de cerne, présentant un aspect « luisant » . Prélèvement 1073 - US 6183, FOS 6127.*

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

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ORIGINE DES PRELEVEMENTS, OBJECTIFS D'ETUDE.....</b>	<b>5</b>
<b>2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION .....</b>	<b>8</b>
2.1. Équipement d'observation.....	8
2.2. Méthodologie.....	9
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux .....	14
2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration »....	15
2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	17
<b>3. RESULTATS D'ANALYSES ET INTERPRÉTATIONS.....</b>	<b>19</b>
3.1. Opération C309_06. Prélèvements provenant de la structure CEL 6023 (comblement d'un cellier par des rejets d'atelier de métallurgie).....	19
3.1.1. Résultats.....	19
3.1.2. Interprétation .....	25
3.2. Opération C309_06. Prélèvements provenant de la structure FOS 6127 (comblement d'une fosse d'origine domestique).....	29
3.2.1. Résultats .....	29
3.2.2. Interprétation.....	29
3.3. Opération C309_06. Prélèvements provenant des structures PUI 6022 et PUI 6120 (comblement du puits domestique 6120).....	30
3.3.1. Résultats.....	30
3.3.2. Interprétation.....	31
3.4. Opération C309_11. Prélèvement provenant de la structure FOS 10006 (comblement d'une fosse d'origine domestique).....	32
3.4.1. Résultats.....	32
3.4.2. Interprétation.....	32
3.5. Opération C309_11. Prélèvement provenant de la structure FOS 10156 (comblement d'une fosse avec des rejets d'atelier de métallurgie).....	33
3.5.1. Résultats.....	33
3.5.2. Interprétation.....	33
3.6. Opération C309_11. Prélèvements provenant de la structure FOS 10069 (comblement d'une fosse avec des rejets domestiques et d'atelier de métallurgie et dernière utilisation de la fosse pour un usage domestique).....	34
3.6.1. Résultats.....	34
3.6.2. Interprétation.....	38
<b>4. SYNTHÈSE.....</b>	<b>41</b>
<b>5. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>53</b>
<b>6. ANNEXE.....</b>	<b>55</b>

## INTRODUCTION

Ce document présente les résultats de l'analyse anthracologique de 16 prélèvements de sédiments charbonneux réalisés lors des opérations archéologiques « C309-06 » et « C309-11 » situées rue du chemin de fer à Chartres (28). Le site concerne une occupation romaine du haut-empire, mêlant des activités à la fois domestiques et artisanales (atelier de métallurgie).

Cette opération a été menée par le service archéologique de la Ville de Chartres. La fouille ci-présente a été dirigée par Pascal Gibut, archéologue du service archéologique. L'étude a été commandée par le service avec l'accord de son directeur Monsieur Laurent Coulon.

# 1. ORIGINE DES PRELEVEMENTS, OBJECTIFS D'ETUDE

Les restes anthracologiques proviennent de seize structures attribuées au haut-empire. Les lots ainsi qu'une brève description des couches de provenance sont listés dans le tableau suivant (Fig. 1).

Le tamisage a été effectué par le service archéologique avec des mailles de 0.5 mm, 2.8 mm et 4 mm par flottation.

L'ensemble des lots anthracologiques a été observé. 463 charbons ont été étudiés.

Sites – Chartres	n° plv	US	Contexte archéologique	Structure /zone	Période / date	Calibr. Diam. minimum	Nbre de charbons étudiés
C309_06	1083	6032	comblement d'abandon d'un cellier (CEL 6023) par des rejets d'atelier de métallurgie (= US 6024)	CEL 6023/ C309_6	haut-empire		2
C309_06	1080	6024	comblement d'abandon d'un cellier (CEL 6023) par des rejets d'atelier de métallurgie (comparer PLV 1074)	CEL 6023/ C309_6	haut-empire	Oui	126
C309_06	1074	6044	remblai d'occupation domestique? à la base d'un cellier (CEL 6023) sous le comblement à base de rejets d'atelier de métallurgie (comparer PLV 1080)	CEL 6023/ C309_6	haut-empire	Oui	50
C309_06	1073	6183	comblement de la fosse 6127 domestique ? (voir aussi PLV 1072)	FOS 6127 / C309_6	haut-empire		24
C309_06	1072	6186	comblement de la fosse 6127 domestique ? (voir aussi PLV 1073)	FOS 6127 / C309_6	haut-empire		10
C309_06	1088	6220	comblement du puits 6120 avec des rejets domestiques	PUI 6022 / C309_6	haut-empire		45
C309_06	1076	6124	comblement du puits 6120 avec des rejets domestiques	PUI 6120 / C309_6	haut-empire		25
C309_06	1089	6254	comblement du puits domestique 6120	PUI 6120/ C309_6	haut-empire		28
<b>Opération C309_06</b>							<b>310</b>
C309_11	1005	10005	comblement de la fosse 10006 domestique	FOS 10006 / C309_11	haut-empire		9
C309_11	1065	10157	comblement de la fosse 10156 avec des rejets d'atelier de métallurgie	FOS 10156/ C309_11	haut-empire		4
C309_11	1020	10061	comblement de la fosse 10069 avec des rejets d'atelier de métallurgie et domestiques?	FOS 10069/ C309_11	IIe s.		1
C309_11	1023	10061	comblement de la fosse 10069 avec des rejets d'atelier de métallurgie et domestiques?	FOS 10069/ C309_11	IIe s.		22
C309_11	1024	10094	remblais d'assainissement de la fosse 10069 avec des rejets d'atelier de métallurgie et domestiques.	FOS 10069/ C309_11	IIe s.	Oui	38
C309_11	1027	10095	Dernière utilisation de la fosse 10069 pour un usage domestique?.	FOS 10069/ C309_11	IIe s.		22
C309_11	1030	10095	Dernière utilisation de la fosse 10069 pour un usage domestique?.	FOS 10069/ C309_11	IIe s.	Oui	54
C309_11	1050	10095	Dernière utilisation de la fosse 10069 pour un usage domestique?.	FOS 10069/ C309_11	IIe s.		3
<b>Opération C309_11</b>							<b>153</b>
<b>TOTAL</b>							<b>463</b>

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

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

Cette technique s'est révélée peu pertinente pour les échantillons provenant de ce site car seulement trois à six taxons maximum ont pu être détectés par lot. Pour les prélèvements 1074 et 1080, lots parmi les plus diversifiés, les courbes « d'effort-rendement » montrent des seuils de l'ordre de 25 à 50 charbons (Fig. 2). Ce seuil a été atteint pour les prélèvements qui présentaient suffisamment de charbons (ex. prélèvements 1073, 1024, 1030, 1074, 1076, 1080).

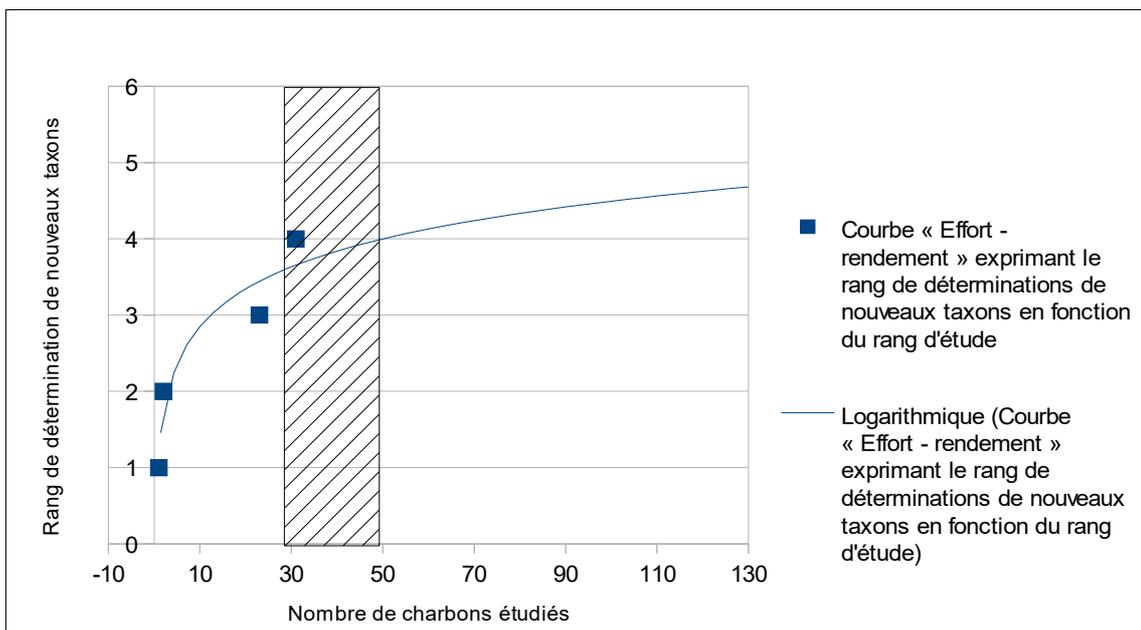


Fig.2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement 1080 (US 6024) de la structure CEL 6023/C309\_06. Dans cet exemple, le quatrième taxon (Pomoidées) a été observé au rang 31 et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 30 et 50 charbons.

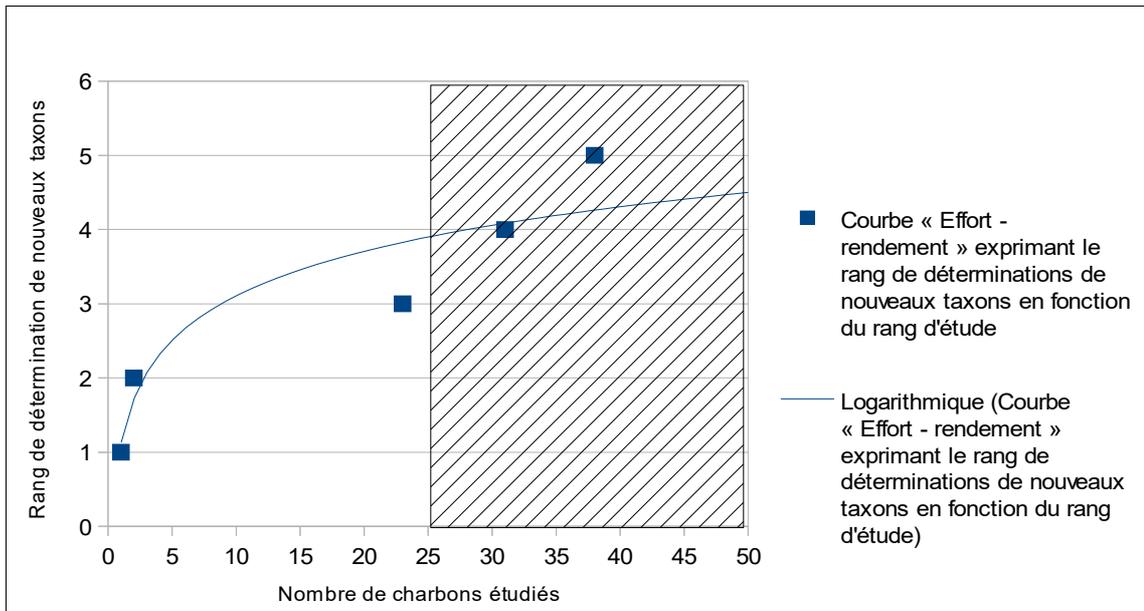


Fig.3 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement 1074 (US 6044) de la structure CEL 6023/C309\_06. Dans cet exemple, le cinquième taxon (*Betula sp.*) a été observé au rang 38 et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 25 et 50 charbons.

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

En concertation avec l'archéologue et en fonction de l'enveloppe allouée pour cette étude, nous avons choisi d'étudier les lots de façon la plus exhaustive possible en répartissant l'effort de l'étude sur l'ensemble des seize lots. Ainsi nous avons fait en sorte que le nombre de charbons étudiés tienne aussi compte du nombre de fragments présents dans chacun des lots (Fig. 1). C'est pourquoi, par exemple, l'étude du prélèvement 1080 a été portée jusqu'à atteindre 126 charbons alors que d'autres lots, moins riches, n'ont parfois fait l'objet que de quelques observations.

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

### 2.1. Équipement d'observation

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



Fig. 4 - Détails du microscope équipé d'un dispositif en lumière incidente (Olympus CX40 à grossissements x50 à x500) et d'une caméra numérique. Laboratoire ArkéoMap.

## 2.2. Méthodologie

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

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

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

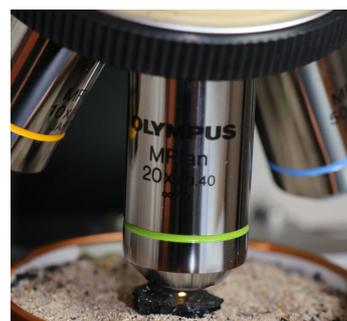


Fig. 5 - Détails du microscope équipé d'un dispositif en lumière incidente (Olympus CX40 à grossissements x50 à x500) et d'une caméra numérique. Laboratoire ArkéoMap.

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 présent chez le chêne) qui n'est pas toujours visible sur les petits fragments.

De plus, toute une série d'espèces a été réunie dans le groupe des Pomoïdées, sous-famille des Rosacées. Les espèces suivantes s'y retrouvent : Amélanchier (*Amelanchier ovalis*), Cotonéaster (*Cotoneaster sp.*), Aubépine (*Crataegus sp.*), Néflier (*Mespilus germanica*), Poirier-Pommier (*Pyrus sp.*) et Sorbier-Cormier-Alisier (*Sorbus sp.*).

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

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

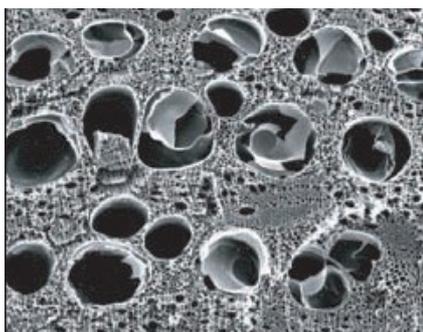
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour connaître la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses,

- **le rythme de croissance**

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

### - la présence de thylles

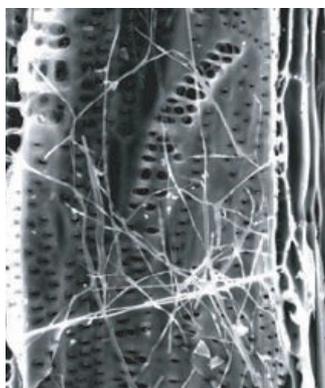
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne entre autres de sécrétions ou dépôts de 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. 6 – 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.

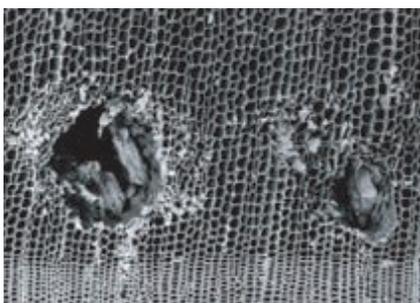
Fig. 7 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

### - 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 localement attaqué (Marguerie *et al.*, 2010).

Fig. 8 – 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.9 – Exemple de fentes de retrait (Marguerie *et al.*, 2010).

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

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

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

- **le travail du bois** (traces d'abattages, d'élagages, de façonnages ...).

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

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

## 2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

### - Observations de caractères dendrologiques :

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

### - Mesures des largeurs moyennes de cernes ou croissance radiale :

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

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

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

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

La plus ou moins grande courbure des cernes (Cf. les 3 catégories : faible, intermédiaire, forte, Fig.10) renseigne sur l'origine du fragment carbonisé. Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera une provenance d'une grosse pièce de bois : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

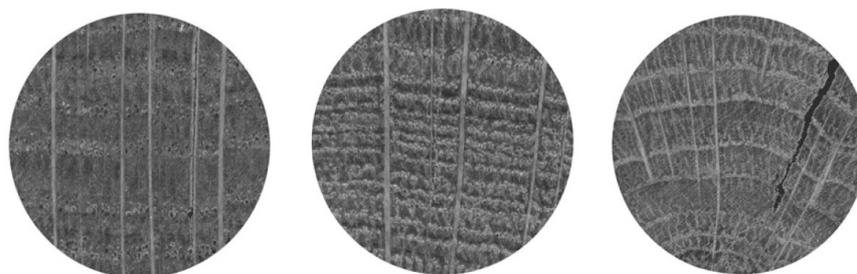


Fig.10 – Les trois catégories des courbures de cernes annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

La technique dite de « calibration » (Dufraisse, 2011) 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.

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 sont dessinées : d1 et d2 (fig. 3), chacune se superposant à un rayon ligneux. 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. 11).

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 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).

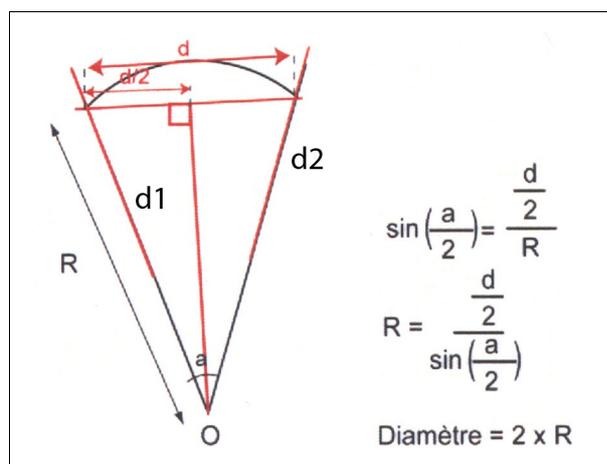


Fig. 11 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis 2007).

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 de plus forts rayons) sont aussi les plus nombreux. (Cf. Fig. 12, principe des histogrammes de fréquences, selon Dufraise A., 2011). Le rayon de l'arbre pourra ainsi être estimé en prenant la classe de diamètre maximale.

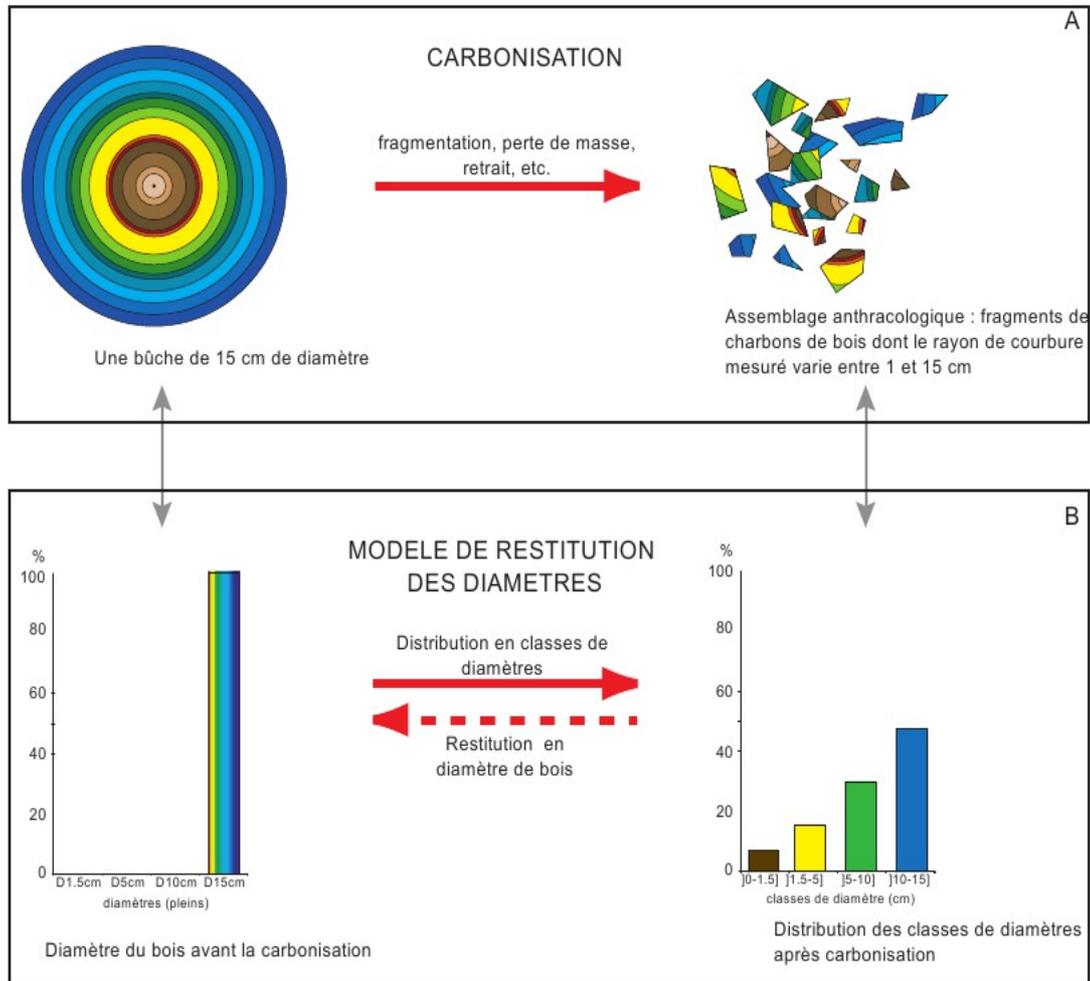


Fig. 12 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraise, 2011).

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

L'étude du prélèvement a permis de déterminer douze taxons anthracologiques. De façon générale trois taxons se dégagent, il s'agit du chêne (*Quercus sp.*), du hêtre (*Fagus sp.*) et du bouleau (*Betula sp.*).

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

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

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

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

Remarque sur la détection du châtaignier :

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

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

Les **Pomoïdées** (ex. aubépine, poirier, néflier) et le genre *Prunus sp.* 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**. Les **Pomoïdées** englobent par exemple les **poiriers-pommiers** mais aussi l'**aubépine**.

Le genre **Prunus sp.** (ex. merisier, cerisiers, prunelliers) correspond à 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. Les charbons du genre *Prunus sp.* peuvent aussi correspondre aux **merisiers** et aux **cerisiers**. Ils ont pu être favorisés par les activités humaines pour leurs fruits (ex. cerises, prunelles). Si le bois de cerisier (ex. *Prunus mahaleb*) constitue un bon combustible, le bois de merisier (*Prunus avium*) est en revanche assez médiocre.

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

Le **saule** (*Salix sp.*), le **peuplier** (*Populus sp.*) et l'**aulne** (*Alnus sp.*) sont des essences vivant dans des contextes humides tels que les bordures de rivières, les berges des lacs et zones alluviales. Ce sont des bois utilisés en vannerie et offrant pour le saule des propriétés médicinales. En revanche ce sont des bois de feu assez médiocre, 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.

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).

### 3. RESULTATS D'ANALYSES ET INTERPRÉTATIONS

Tenant compte des constatations et interprétations fournies par P. Gibut (cf. Fig.1), les résultats sont présentés par site et structures archéologiques. A savoir, d'une part les structures provenant du site C309\_06 (CEL 6023, PUI 6022, PUI 6120, FOS 6127) puis celles de l'opération C309\_011 (FOS 10006, FOS 10156 et FOS 10069).

#### 3.1. Opération C309\_06. Prélèvements provenant de la structure CEL 6023 (comblement d'un cellier par des rejets d'atelier de métallurgie)

##### 3.1.1. Résultats

- **Prélèvement 1083 (US 6032)**

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

Fig. 13 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1083 (US 6032).

- **Prélèvement 1080 (US 6024)**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						Thylle	Insecte	Moelle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Vitrifié - structures fondues - luisant				
Betula sp.	4	0	1	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	45	7	10	27	0	0	0	13	2	0	1	0	0	4	2	
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indéterminé	6	0	1	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	
Pomoidée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Quercus sp.	69	32	16	21	48	16	3	11	25	0	1	2	48	3	1	

Fig. 14 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1080 (US 6024).

- Mesures des largeurs de cernes : Prélèvement 1080

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	27	247	1,47	0,84	0,33	3,96

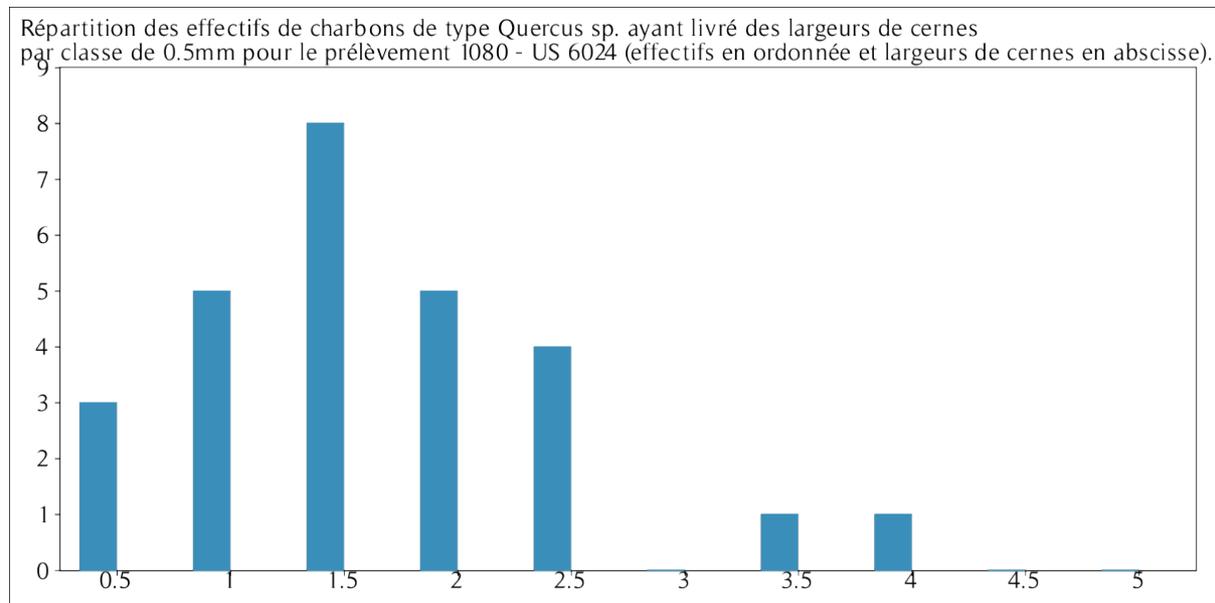


Fig. 15 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cernes (en mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible et un rythme de croissance régulier. Prélèvement 1080 (US 6024).

- Mesures de diamètre minimum : Prélèvement 1080

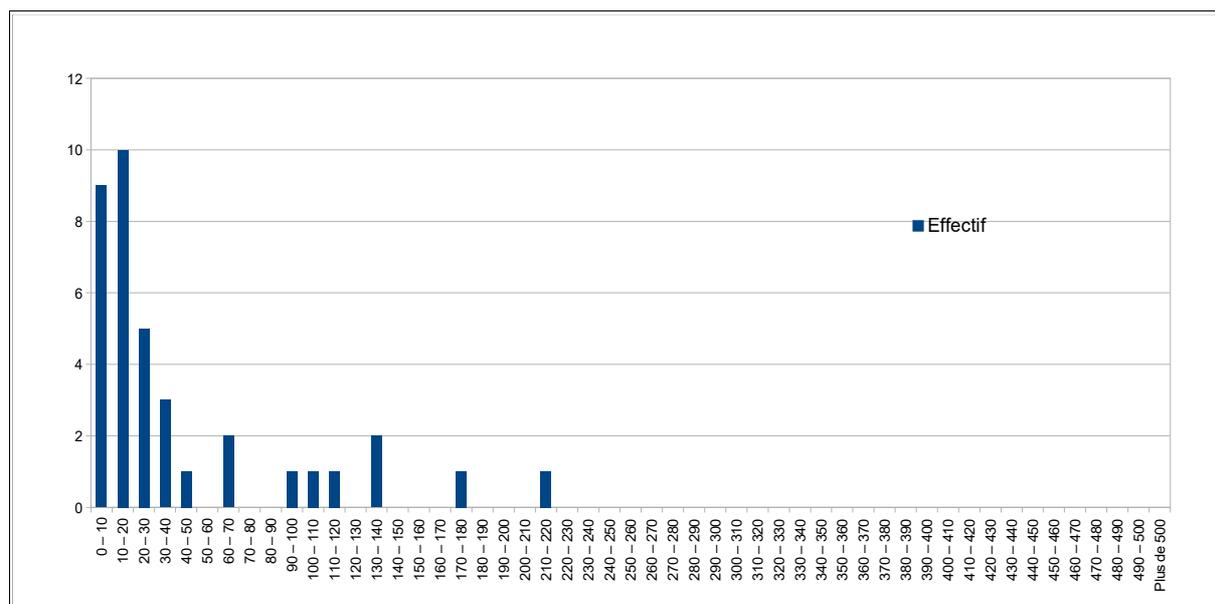


Fig.16 - Distribution des positions radiales calculées pour les charbons de hêtre (*Fagus sylvatica*) du lot 1080 - US 6024 par classe de 10 mm.

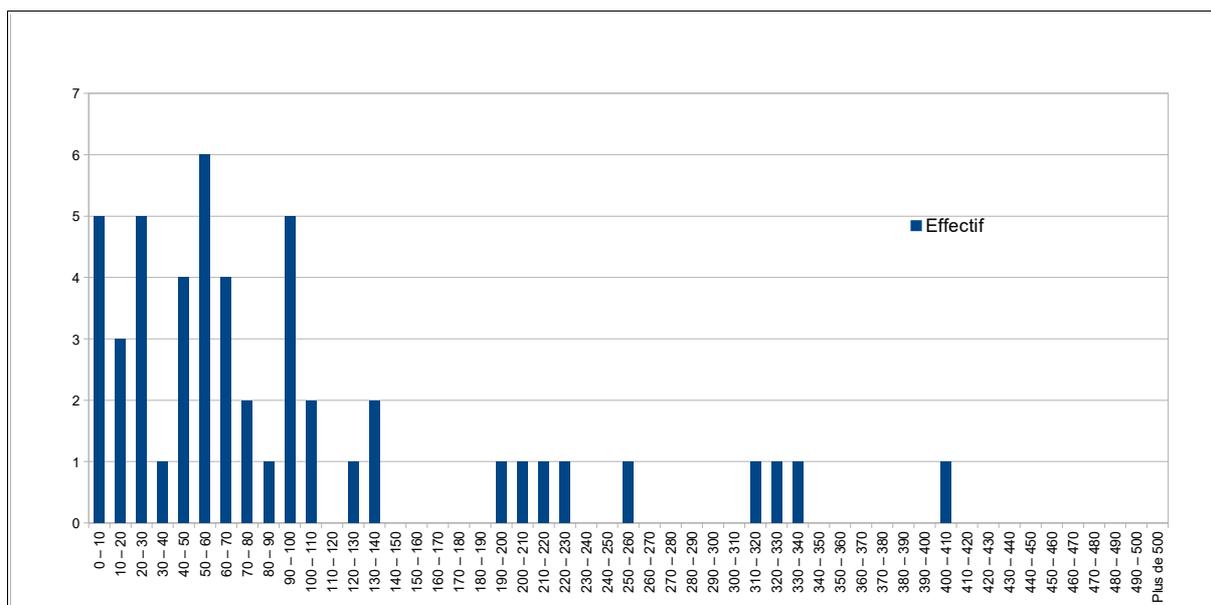


Fig.17 - Distribution des positions radiales calculées pour les charbons de chêne (*Quercus sp.*) du lot 1080 - US 6024 par classe de 10 mm

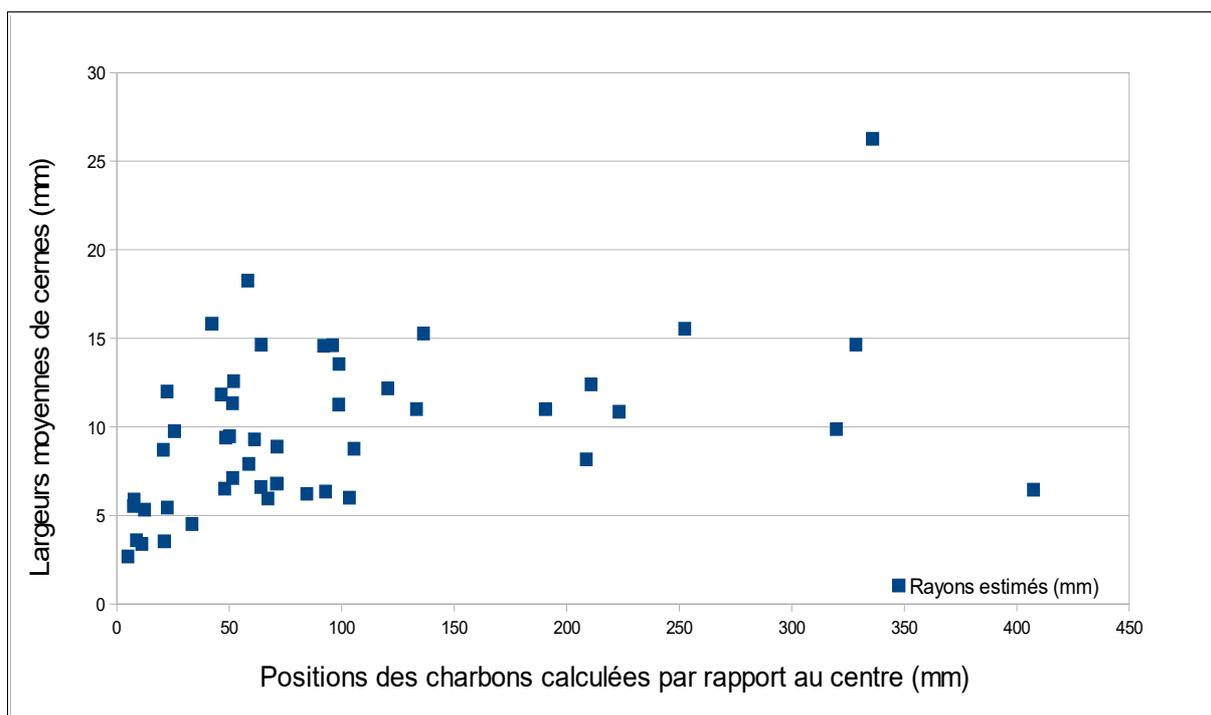


Fig.18 - Répartition des largeurs de cernes des charbons de chêne en fonction de leur position radiale. Prélèvement 1080.

● **Prélèvement 1074 (US 6044)**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Vitrifié - structures fondues - luisant	Thylle
Alnus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betula sp.	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	13	4	3	6	0	0	0	6	4	0	0	1	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Quercus sp.	30	21	5	4	26	2	1	8	10	0	0	2	17
Salix/Populus	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salix sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 19 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1074 (US 6044).

– **Mesures des largeurs de cernes : Prélèvement 1074**

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	21	178	1,31	0,59	0,54	2,53

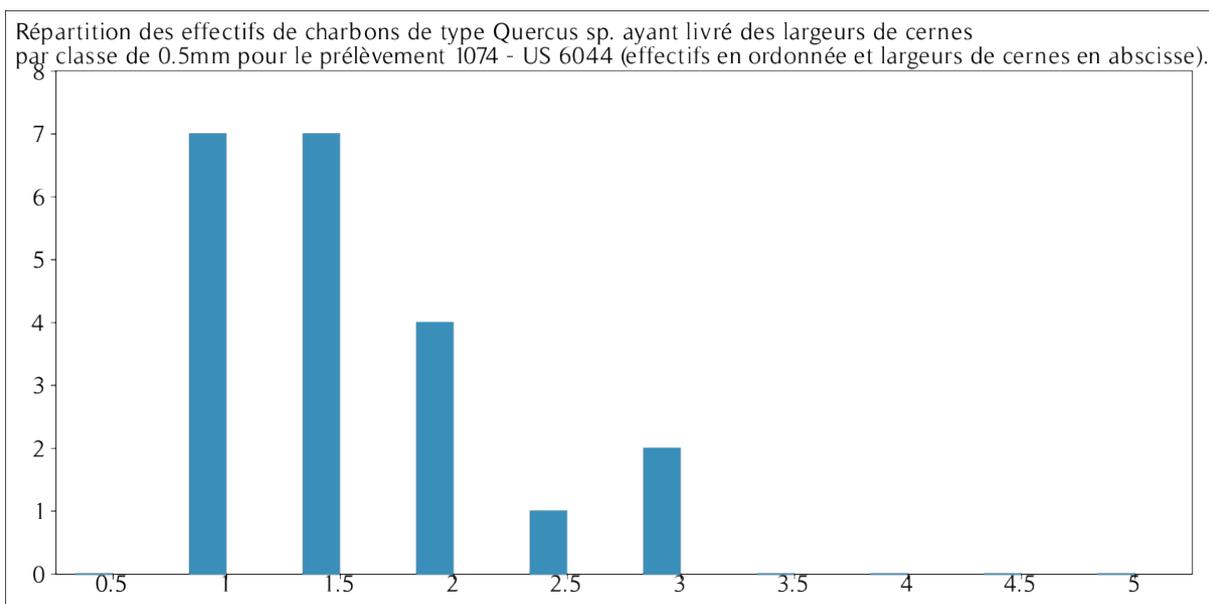


Fig. 20 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cernes (en mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible et un rythme de croissance régulier. Prélèvement 1074 (US 6044).

- Mesures de diamètre minimum : Prélèvement 1074

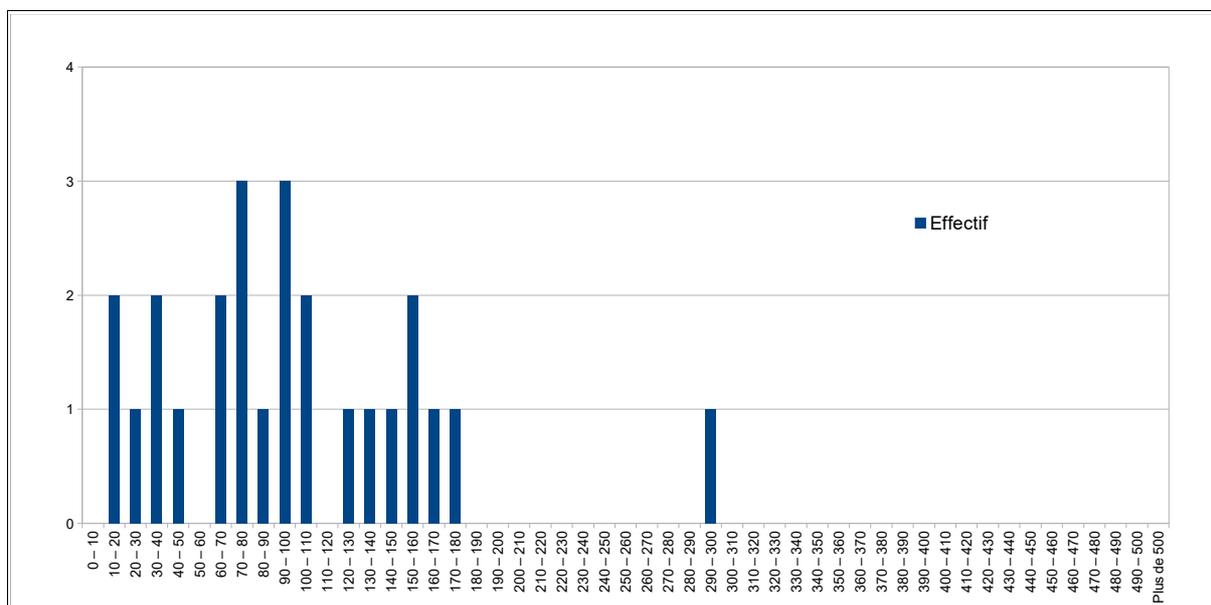


Fig. 21 - Distribution des positions radiales calculées pour les charbons de chêne (*Quercus sp.*) du lot 1074 - US 6044 par classe de 10 mm

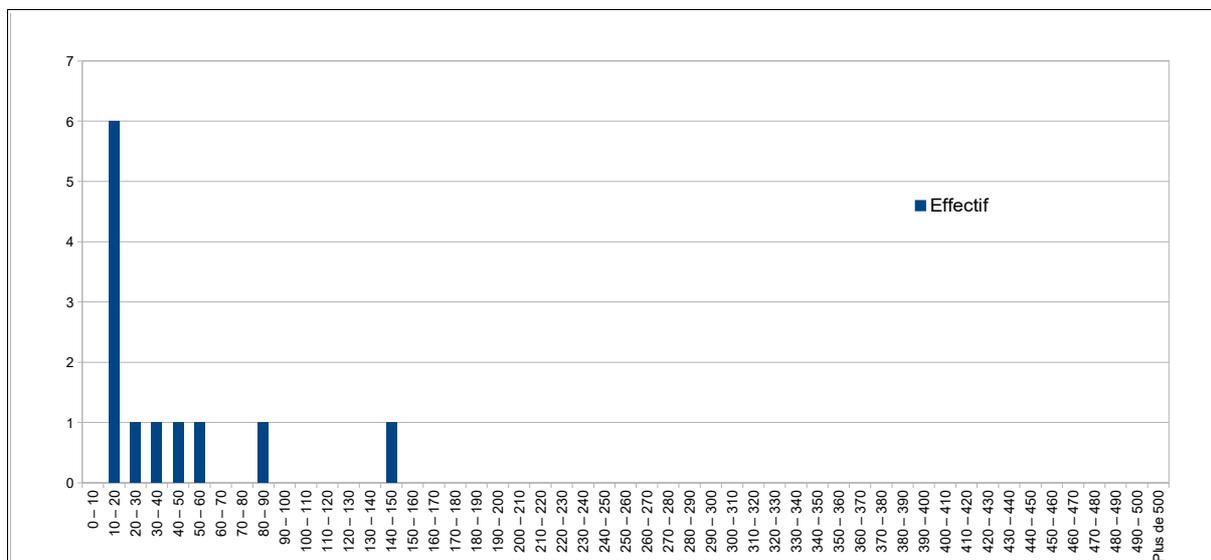


Fig. 22 - Distribution des positions radiales calculées pour les charbons de hêtre (*Fagus sylvatica*) du lot 1074 - US 6044 par classe de 10 mm

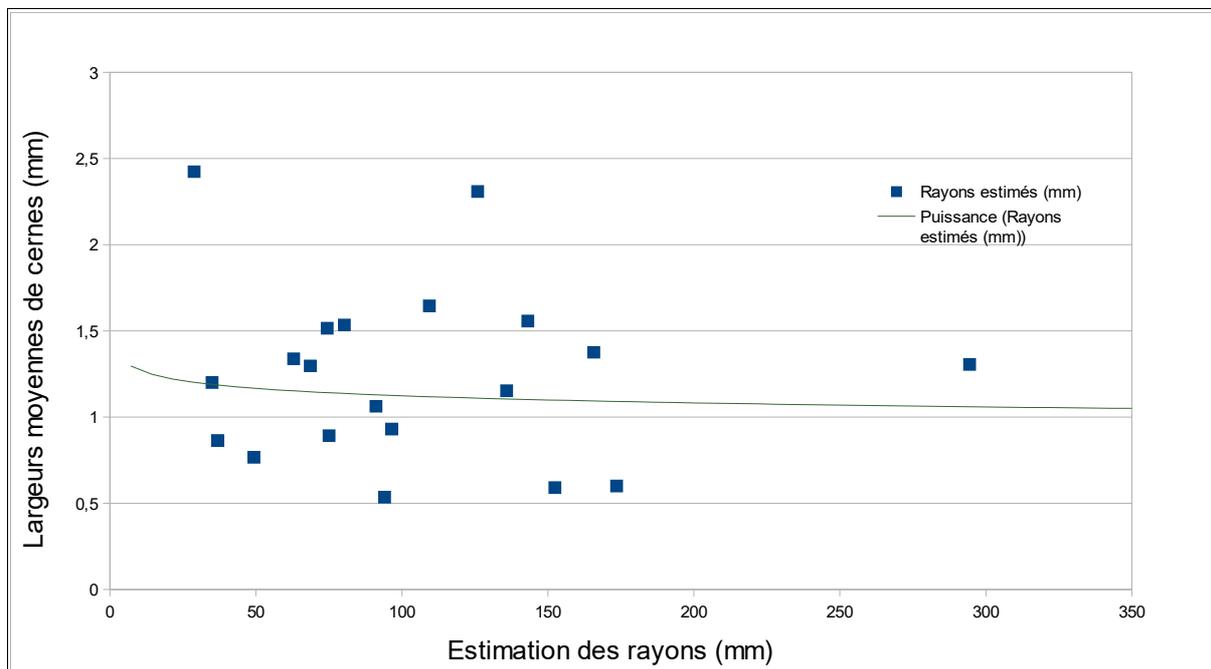


Fig.23 - Répartition des largeurs de cernes des charbons de chêne en fonction de leur position radiale. Prélèvement 1074.

### 3.1.2. Interprétation

Les trois prélèvements proviennent d'un comblement de cellier (CEL 6023). Ce comblement correspond à des rejets d'atelier de métallurgie (prélèvements 1083 et 1080) recouvrant une base constituée de remblais d'occupation domestique (prélèvement 1074).

- Étude des prélèvements 1083 et 1080 correspondant aux niveaux de rejets de d'atelier de métallurgie.

En ce qui concerne les lots associés aux rejets de l'atelier de métallurgie, les résultats correspondent essentiellement au lot 1080. Seulement deux fragments de chêne ont été identifiés dans le lot 1083. Quatre taxons ont été déterminés dans le prélèvement 1080, il s'agit principalement du chêne (*Quercus sp.*) et du hêtre (*Fagus sylvatica*). Notons en plus quelques fragments de bouleau (*Betula sp.*) et de Pomoïdées de petit calibre.

Une partie importante des fragments de chêne identifiés présentait des courbures faibles à intermédiaires (Fig. 14). Des thylls ont aussi été très souvent observés. Ces résultats caractérisent plutôt les bois de gros et moyen calibre. L'étude des positions radiales calculées sur les fragments de chêne (Fig. 17) permet de discerner trois ensembles : un premier ensemble de 0 mm à 30 mm correspondant à des brindilles et petites branches, puis un second de 40 à 70 mm et un ensemble dont les rayons varient autour de 90 à 110 mm suivis de rayons épars jusqu'à environ 400 mm. On peut donc supposer que les charbons proviennent de bois de diamètre minimum d'environ 6 cm, 14 cm, et 22 cm. À noter que les dernières mesures éparses, sont à considérer avec précaution car les mesures au delà de 20 cm perdent en précision (Dufraisse A., 2011). L'utilisation de quelques bois de diamètre un peu supérieur est cependant possible.

Les charbons de hêtre correspondent davantage à des bois de petit calibre puisqu'un peu plus de la moitié des fragments montre des courbures de cerne fortes (Fig. 14). Les mesures de calibration réalisées sur ces fragments montrent que les charbons proviennent essentiellement de bois de diamètre minimum d'environ 1 à 4 cm voire jusqu'à 8 cm pour quelques fragments plus rares.

Au regard des résultats concernant le calibre des bois utilisés, on peut donc supposer l'utilisation de bois de petits calibres et de brindilles de bouleau, Pomoïdées et hêtre pour l'allumage de la combustion. Le bois de chêne globalement de plus gros calibre a été utilisé pour entretenir la combustion.

En ce qui concerne le type de combustion, de nombreux charbons de chêne (52%) et dans une moindre mesure de hêtre (33%), montraient des aspects « fendus-luisants » et « durs-luisants ». Ces observations résultent probablement de combustions en contexte réducteur et chaud (Blaizot *et al.*, 2004; Oilic, 2011).

Des mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur quelques charbons de chêne de faible courbure de cerne (Fig. 15). Les calculs ont permis d'obtenir des moyennes de l'ordre de 1,5 mm, résultats caractéristiques de contextes de croissance plutôt difficiles, peut-être depuis un boisement dense.

Enfin la mise en relation des largeurs de cernes en fonction des positions radiales des fragments de chêne (Fig. 18) ne permet pas de faire ressortir de tendance.

Dans les boisements de type « futaie », on constate une croissance plus dynamique lors des premiers stades de vie des arbres. Cela se traduit alors par des largeurs de cernes plus larges pour les fragments situés au centre de l'arbre. Ce n'est pas ce qui est constaté dans ce graphique. La croissance régulière des arbres semble avoir été perturbée peut être par des traitements de type « taillis-sous-futaie ». On constate par exemple sur certains fragments des dynamiques de croissance irrégulières, correspondant à des « ressauts de croissance » qui pourraient bien être la conséquence de traitements (coupes) de type « taillis-sous-futaie » (Exemple Fig. 24).



Fig.24 - Fragment de chêne (*Quercus sp.*) présentant un ressaut de croissance important (cernes plus larges sur la partie extérieure à droite de l'image) comparé à la croissance régulière de la partie centrale (côté gauche de l'image). Ce ressaut pourrait avoir été provoqué par une coupe (éclaircie?) d'un taillis-sous-futaie. Prélèvement 1080.

- Étude du prélèvement 1074 (US 6044) correspondant à des niveaux de rejets domestiques du comblement du cellier (CEL 6023)

Le prélèvement 1074 a été réalisé dans des niveaux de rejets domestiques situés à la base du comblement du cellier (EL 6023). 50 charbons ont été observés correspondant à six taxons anthracologiques.

Par ordre d'importance on détecte avant tout le chêne (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sp.*) et dans une moindre mesure le bouleau (*Betula sp.*), l'aulne (*Alnus sp.*), le saule et le saule/peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*).

Les fragments d'aulne, de saule, saule/peuplier, voire de bouleau correspondent à du bois de petit et moyen calibre. Ils ont donc probablement été employés pour l'allumage des foyers.

Les fragments de hêtre montrent des courbures de cernes hétérogènes. Ils correspondent à la fois à du bois de petit, moyen et gros calibre, ce qui est assez bien corroboré par les calculs des positions radiales (Fig. 22)

En revanche, les charbons de chêne proviennent essentiellement de bois de gros calibre (70% des fragments montrent une faible courbure de cerne et des thylles ont été observés sur 56% des charbons).

Les mesures de calibration réalisées sur les fragments de chêne (Fig. 21) ont permis de discerner quatre ensembles : un premier ensemble de 10 mm à 50 mm, un second de 60 à 80 mm, un troisième de 80 à 110 mm et un ensemble dont les rayons varient autour de 120 à 180 mm. Ces charbons pourraient donc provenir de bois de diamètre minimum d'environ 10 cm, 16 cm, 22 cm et peut être jusqu'à 36 cm. Il faut toutefois relativiser ces résultats au regard des faibles effectifs observés.

Le nombre de charbons présentant un aspect « dur-luisant », « fendu-luisant » ou « vitrifié » sont de l'ordre de 60% pour le chêne et de 84% pour le hêtre (pour 13 fragments), ce qui correspond à une proportion importante de charbons. Les résultats obtenus sont donc assez semblables à ceux obtenus pour le prélèvement 1080 et semblent caractériser des combustions dans des conditions réductrices et chaudes (ex. fours, fourneaux). Notons aussi que de telles proportions de charbons ont par exemple été identifiés par J.-C. Oilic (2011) dans des compositions anthracologiques de charbonnières ou de bas-fourneaux.

En comparaison avec les résultats obtenus dans les niveaux de rejets d'atelier de métallurgie (prélèvement 1080), il semble que les fragments proviennent de bois de calibre un peu plus hétérogène, même si la phase d'entretien de la combustion reste toujours assurée essentiellement par du bois de chêne de gros calibre.

Les taxons utilisés lors de la phase d'allumage sont différents. On détecte des essences de bois hygrophiles (aulne, saule, peuplier, voire bouleau et hêtre) pour les niveaux du comblement domestique (prélèvement 1074) alors que l'on a utilisé le bouleau, le hêtre et du bois de Pomoidées pour les niveaux de rejets d'atelier de métallurgie (prélèvement 1080). Les aires de ramassages pour collecter le bois d'allumage sont donc différentes.

Des mesures de largeurs de cernes ont pu être menées sur les fragments de chêne de faible courbure. L'étude a permis de calculer des moyennes centrées autour de 1,31 mm (calcul sur des fragments de courbure faible à intermédiaire et rythme de croissance régulier). Ce qui correspond, comme pour le prélèvement 1080 vu précédemment, à des contextes de croissance plutôt difficiles, probablement un boisement fermé.

La mise en relation entre les largeurs de cernes et les positions radiales des charbons de chêne (Fig. 23) montre de nouveau un signal perturbé. La courbe de tendance indique certes, une croissance légèrement plus dynamique pour les stades jeunes (fragments avec les positions radiales les plus faibles) mais cette tendance est très largement perturbée ensuite, peut être par des coupes de type « taillis-sous-futaie » qui affectèrent la croissance des arbres.

- Comparaison des prélèvements 1080 (contexte d'atelier de métallurgie) et 1074 (contexte domestique) à l'aide de l'indice de concentration de Pareto.

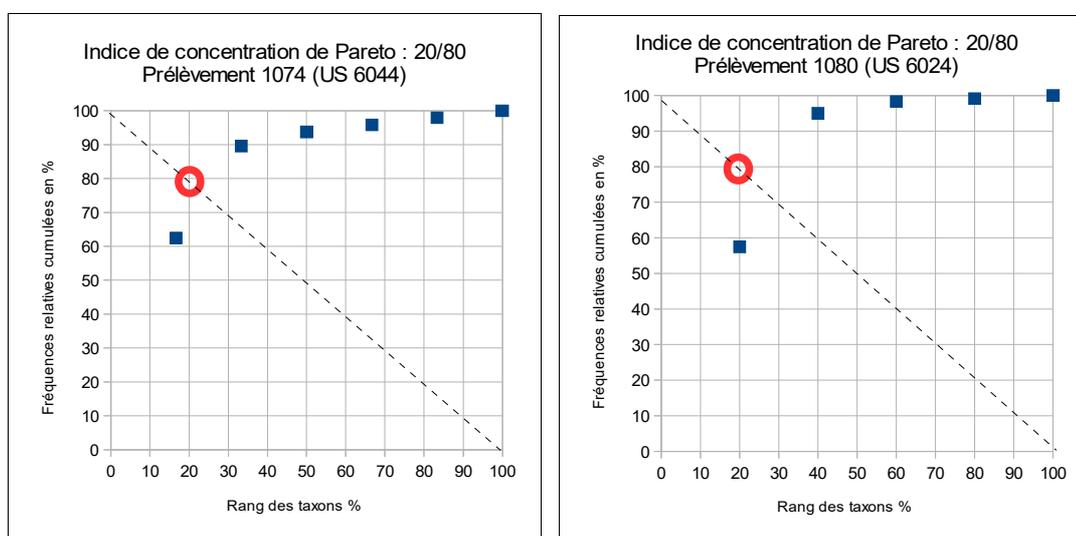


Fig. 25 - Comparaison des indices de concentration de Pareto pour les prélèvements 1080 et 1074.

Selon l'indice de concentration de Pareto, dans les communautés végétales actuelles, 20% des taxons correspondent à 80% de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999).

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto effectué sur le lot 1080 (rejets d'atelier de métallurgie) montre que 20% des taxons correspondent à environ 55% du nombre de charbons. Les proportions des taxons anthracologiques constatées ne reflètent donc pas les mêmes rapports de compétition et d'équilibre que dans les communautés végétales. Les proportions entre essences dans les échantillons de charbons de bois sont donc probablement déformées à cause de ramassages sélectifs du bois (chêne et hêtre), ce qui est plutôt caractéristique d'usages artisanaux.

En revanche, suivant ce même principe, la composition anthracologique du prélèvement 1074 apparaît plus représentative du paléoenvironnement ligneux car 20% des taxons correspondrait à environ 70% des charbons. Il semble donc que le ramassage ait été moins « sélectif » pour ce lot, résultat que l'on peut davantage associer à des activités domestiques.

Les interprétations archéologiques concernant les origines domestiques (lot 1074) et artisanales (lot 1080) semblent être confirmées par l'indice de concentration de Pareto.

## 3.2. Opération C309\_06. Prélèvements provenant de la structure FOS 6127 (comblement d'une fosse d'origine domestique)

### 3.2.1. Résultats

- **Prélèvement 1072 (US 6186)**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle	Insecte
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant		
Fagus sylvatica	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
Quercus sp.	8	0	7	0	4	0	1	0	3	3	0

Fig. 26 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1072 (US 6186).

- **Prélèvement 1073 (US 6183)**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Acer sp.	3	0	0	3	0	0	0	1	0	0
Fagus sylvatica	5	0	1	4	0	0	0	2	0	0
Pomoidée	3	0	0	3	0	0	0	0	0	1
Prunus sp.	3	0	0	3	0	0	0	1	0	0
Quercus sp.	3	0	1	2	1	0	0	1	0	0
Salix/Populus	4	0	0	3	0	0	0	2	0	0
Salix sp.	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0

Fig. 27 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1073 (US 6183).

### 3.2.2. Interprétation

Les prélèvements 1072 et 1073 ont été réalisés dans le comblement d'une fosse domestique. 10 et 24 charbons ont respectivement été étudiés. Deux taxons ont été identifiés dans le prélèvement 1072 et sept taxons dans le prélèvement 1073.

Par ordre d'importance on détecte avant tout le chêne (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sp.*) puis le saule (*Salix sp.*), le saule/peuplier (*Salix sp./ Populus sp.*), le genre *Prunus sp.*, les Pomoidées et l'érable (*Acer sp.*).

Quels que soient les taxons, les fragments montrent des courbures de cerne fortes à intermédiaires, ce qui correspond à du bois provenant de branches et de brindilles. Quelques fragments provenant de branches de 3 à 5 cm de diamètre ont pu être identifiés dans le prélèvement 1073. On ne constate aucun fragment avec des courbures de cerne faibles. Ce sont donc plutôt des bois « jeunes » qui ont été brûlés. On peut supposer que les bois de petits calibres ont été utilisés lors d'une phase d'allumage du feu, les bois de calibres intermédiaires ayant permis « d'entretenir » une combustion, qui toutefois, a probablement été de courte durée.

### 3.3. Opération C309\_06. Prélèvements provenant des structures PUI 6022 et PUI 6120 (comblement du puits domestique 6120)

#### 3.3.1. Résultats

- **Prélèvement 1088 (US 6220) – structure PUI 6022**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				Thylle	Insecte	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin.			
Betula sp.	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	22	4	12	6	0	0	2	2	0	0	0	6	1
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Quercus/Castanea	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	18	4	4	10	6	2	0	4	3	0	9	3	0

Fig. 28 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1088 (US 6220).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	4	30	1,27	0,3	0,98	1,64

Fig. 29 – Tableaux des mesures de largeurs de cernes réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible et un rythme de croissance régulier. Prélèvement 1088 (US 6220).

- **Prélèvement 1076 (US 6124) – structure PUI 6120**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Alnus sp.	4	0	1	3	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	14	0	4	10	0	0	1	2	0	0
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomoidée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	4	0	1	3	2	0	0	0	3	2

Fig. 30 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1076 (US 6124) de la structure PUI 6120.

- **Prélèvement 1089 (US 6254) – structure PUI 6120**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				Thylle	Insecte	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin			
Betula sp.	3	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	8	1	1	6	0	0	0	1	0	0	0	1	2
Indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Quercus sp.	15	7	5	3	11	1	3	4	3	0	6	0	0
Salix/Populus	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 31 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1089 (US 6254).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	7	65	0,72	0,23	0,48	1,01

Fig. 32 – Tableaux des mesures de largeurs de cernes réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible et un rythme de croissance régulier. Prélèvement 1089 (US 6254).

### 3.3.2. Interprétation

Les trois prélèvements étudiés proviennent du comblement d'un puits avec des rejets domestiques (structures PUI 6120 et PUI 6022). Ils ont livré des compositions dominées par des fragments de hêtre (*Fagus sylvatica*) et de chêne (*Quercus sp.*). Dans une moindre mesure, quelques fragments de bouleau (*Betula sp.*), aulne (*Alnus sp.*), Pomoïdées, saule / peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*) et chêne / châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*) ont aussi été identifiés.

D'une façon générale, les fragments correspondent à du bois de petit et moyen calibre. Plusieurs fragments de hêtre et de chêne présentant des sections complètes de 2cm de diamètre environ, ont été observés dans les lots 1076 et 1089. Seuls quelques fragments de chêne et de hêtre observés dans les prélèvements 1088 et 1089 pourraient provenir de bois de gros calibre.

L'utilisation de bois de petit calibre est généralement associée à des phases d'allumage des foyers, les bois de moyen et fort calibre permettant ensuite l'entretien des combustions dans la durée. La prédominance des fragments de petits calibres identifiés à l'intérieur des trois prélèvements correspondrait donc plutôt à des combustions relativement brèves.

Des mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur quelques charbons de chêne de faible courbure de cerne appartenant aux lots 1088 et 1089 (Fig. 27 et 22). Les calculs ont permis d'obtenir des moyennes de l'ordre de 1,2 mm (lot 1088) et 0,72 mm (lot 1089). Ces résultats sont caractéristiques de contextes de croissance difficiles.

### 3.4. Opération C309\_11. Prélèvement provenant de la structure FOS 10006 (comblement d'une fosse d'origine domestique)

#### 3.4.1. Résultats

- **Prélèvement 1005 (US 10005)**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle	Insecte
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant		
<i>Fagus sylvatica</i>	7	1	2	4	0	0	0	7	0	0	2
<i>Quercus sp.</i>	2	2	0	0	2	0	0	2	0	1	0

Fig. 33 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1005 de la structure FOS 10006.

#### 3.4.2. Interprétation

Deux taxons ont été déterminés dans ce lot. Les charbons de hêtre (*Fagus sylvatica*) dominent l'ensemble, associés à du chêne (*Quercus sp.*). Ce sont des taxons réputés être de bons combustibles.

Les fragments se caractérisent par des calibres hétérogènes (courbures des cernes à la fois faibles, fortes et intermédiaires) attestant l'utilisation de bois de petit calibre lors de phases d'allumages et de bois de fort et moyen calibre destinés à entretenir la combustion.

L'ensemble des fragments montraient des aspects « durs-luisants » ce qui est généralement interprété comme le résultat de combustions en contexte anaérobie et hautes températures (Blaizot *et al.*, 2004).

Quelques traces d'insectes ont aussi été identifiées sur les fragments de hêtre. Il pourrait donc s'agir de bois mort.

### 3.5. Opération C309\_11. Prélèvement provenant de la structure FOS 10156 (comblement d'une fosse avec des rejets d'atelier de métallurgie)

#### 3.5.1. Résultats

- **Prélèvement 1065 (US 10157)**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						Thylle	Moelle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Vitrifié - structures fondues - luisant			
Fagus sylvatica	10	2	5	3	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1
Indéterminé	4	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	
Quercus sp.	4	3	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	2	0	

Fig. 34 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1065 (US 10157).

#### 3.5.2. Interprétation

Deux taxons ont été déterminés dans ce prélèvement, il s'agit du hêtre (*Fagus sp.*) et du chêne (*Quercus sp.*), le hêtre étant le taxon majoritaire.

Les fragments se caractérisent par des calibres hétérogènes attestant l'utilisation de bois de petit calibre probablement lors de phases d'allumages et de bois de fort et moyen calibre destinés à entretenir la combustion. Notons que les fragments de chêne correspondent exclusivement à du bois de gros et moyen calibre.

En ce qui concerne le type de combustion, on note pour certains fragments des aspects « fendus » mais aussi quelques fragments à l'état « dur/luisant », « fondu », voire « vitrifié ». Les fentes de retrait pourraient être la conséquence de bois brûlés à l'état « vert ». En ce qui concerne les aspects « luisants » et « vitrifiés », nous pouvons de nouveau émettre l'hypothèse de bois brûlés sous hautes températures et en contexte anaérobie (conditions réductrices). Ces conditions correspondent probablement à une combustion à l'intérieur d'un four ou d'un fond de foyer. Quelques petits fragments de métal retrouvés et mélangés aux fragments charbonneux, appuient l'hypothèse de rejets d'activités liées à la métallurgie.

### 3.6. Opération C309\_11. Prélèvements provenant de la structure FOS 10069 (comblement d'une fosse avec des rejets domestiques et d'atelier de métallurgie et dernière utilisation de la fosse pour un usage domestique)

#### 3.6.1. Résultats

- **Prélèvement 1020 (US 10061)**

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

Fig. 35 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1020 (US 10061).

- **Prélèvement 1023 (US 10061)**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant		
Betula sp.	9	0	0	8	0	0	0	8	0	0	0
Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Fagus sylvatica	5	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0
Fraxinus sp.	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Pomoidée	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Quercus sp.	5	2	2	1	3	0	0	0	2	3	1

Fig. 36 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1023 (US 10061).

- **Prélèvement 1024 (US 10094)**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				Thylle	Insecte
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / Luisant / noeud		
Betula sp.	31	0	7	23	0	0	0	23	6	0	1	4
Fagus sylvatica	3	0	0	3	0	0	0	1	0	1	0	0
Quercus sp.	4	1	1	2	4	0	0	0	1	0	0	0

Fig. 37 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1024 (US 10094).

– Mesures de diamètre minimum : Prélèvement 1024

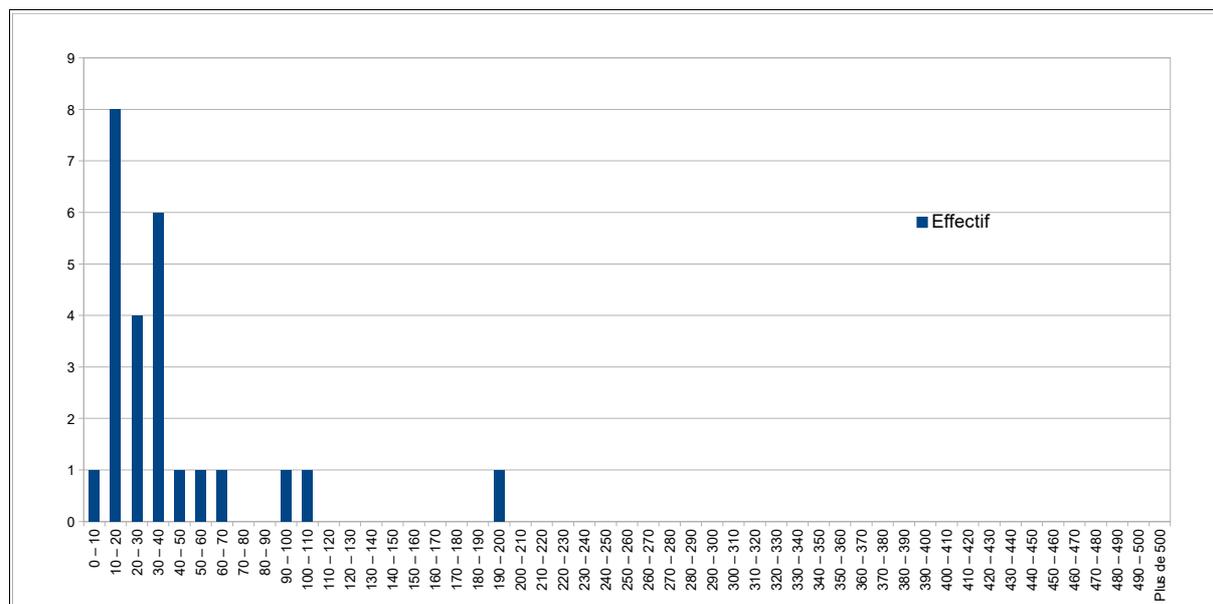


Fig. 38 - Distribution des positions radiales calculées pour les charbons de bouleau (*Betula sp.*) du lot 1024 - US 10094 par classe de 10 mm

● **Prélèvement 1027 (US 10095)**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme			Combustion				Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	
<i>Fagus sylvatica</i>	4	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Fraxinus sp.</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Quercus sp.</i>	8	1	1	5	1	2	0	5	1	0	1	2
<i>Salix/Populus</i>	6	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0

Fig. 39 - Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1027 (US 10095).

● **Prélèvement 1030 (US 10095)**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant		
<i>Betula sp.</i>	7	0	0	7	0	0	0	4	2	0	1
<i>Fagus sylvatica</i>	2	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
<i>Frag. écorce</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomoidée	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Quercus sp.</i>	41	6	7	27	19	20	1	20	13	33	0

Fig. 40 - Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1030 (US 10095).

- Mesures des largeurs de cernes : Prélèvement 1030

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	6	36	1,68	1,11	0,42	3,49

Fig. 41 - Tableau des mesures de largeurs de cernes réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible et un rythme de croissance régulier. Prélèvement 1030 (US 10095).

- Mesures de diamètre minimum : Prélèvement 1030

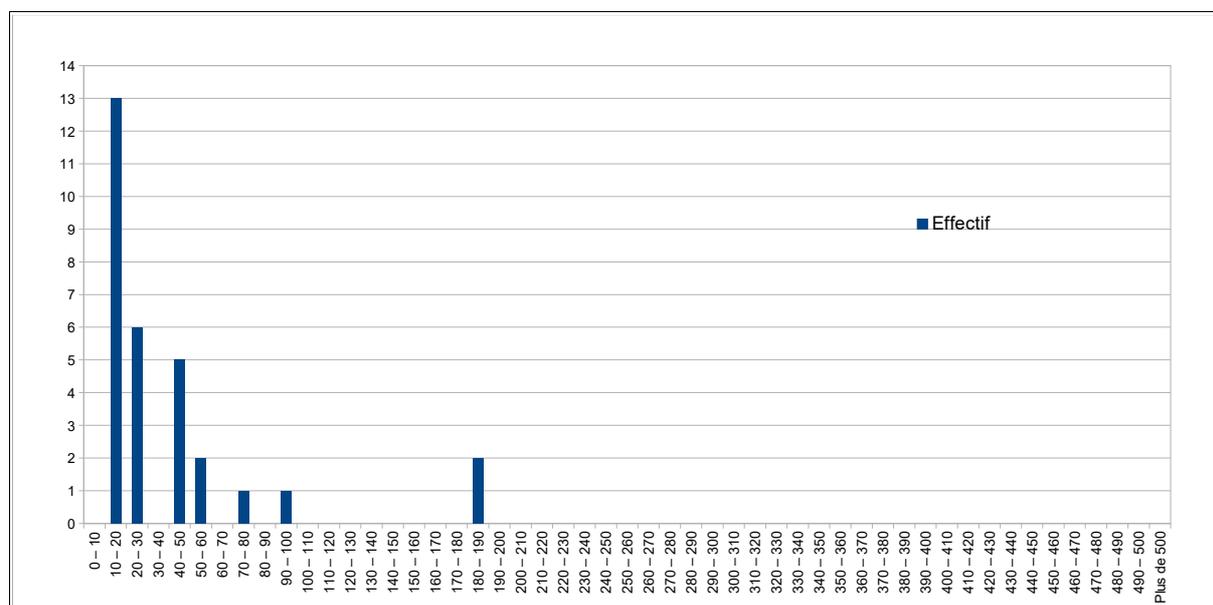


Fig. 42 - Distribution des positions radiales calculées pour les charbons de chêne (*Quercus sp.*) du lot 1030 - US 10095 par classe de 10 mm

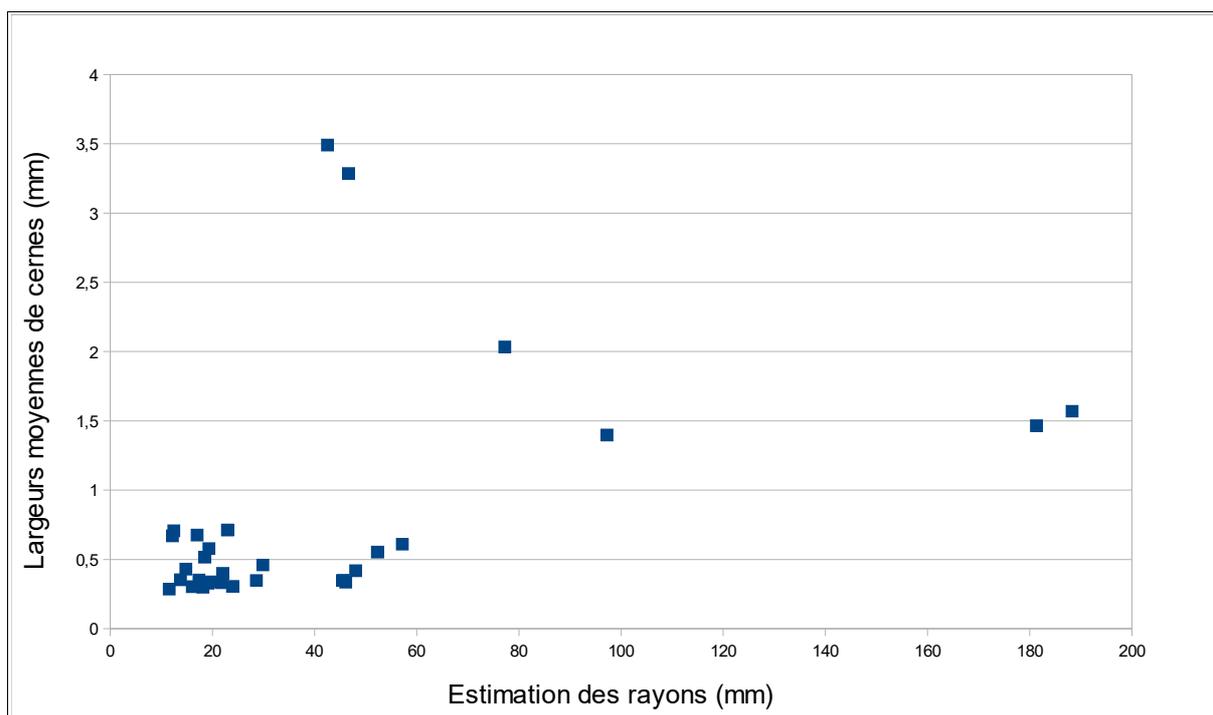


Fig. 43 - Répartition des largeurs de cernes des charbons de chêne en fonction de leur position radiale. Prélèvement 1030.

- **Prélèvement 1050 (US 10095)**

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

Fig. 44 - Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement 1050 (US 10095).

### 3.6.2. Interprétation

Le comblement de la fosse 10069 (FOS 10069) correspond à la fois à des rejets d'atelier de métallurgie et aussi à des rejets domestiques. Il y a donc des similitudes avec le comblement d'abandon d'un cellier (CEL 6023) étudié sur le même site.

Tenant compte de cette description, afin d'interpréter les résultats nous discernons les prélèvements provenant des niveaux de comblement constitués de rejets d'atelier de métallurgie et domestiques (prélèvements 1020, 1023, 1024), des niveaux correspondant à la dernière utilisation de la fosse situés à la base de la structure (prélèvements 1027, 1030, 1050).

- Interprétation des prélèvements provenant des niveaux de comblement de rejets d'atelier de métallurgie et domestiques (prélèvements 1020, 1023, 1024).

Six taxons anthracologiques ont été identifiés pour l'ensemble des trois prélèvements. Le lot 1023 présentait peu de charbons, mais beaucoup de diversité avec six taxons. Par ordre d'importance nous constatons le bouleau (*Betula sp.*), le hêtre (*Fagus sp.*), le chêne (*Quercus sp.*) et dans une moindre mesure le noisetier (*Corylus avellana*), le frêne (*Fraxinus sp.*) et le taxon des Pomoïdées. Notons que les trois derniers taxons ne sont représentés que par une seule occurrence.

En ce qui concerne le calibre du bois, il s'agit essentiellement de fragments provenant de bois de petit et moyen calibre (ex. branches). A l'intérieur du prélèvement 1023, plusieurs fragments de chêne et de hêtre présentaient encore des sections entières permettant de mesurer des diamètres de 2 à 3 cm. Seuls quelques fragments de chêne et de hêtre présentaient des courbures faibles, synonymes de bois de gros calibre.

Les mesures réalisées afin d'estimer les diamètres minimum des bois de bouleau sur le lot 1024 (Fig. 37) ont permis d'identifier deux ensembles : un premier ensemble de fragments avec des positions radiales de 10 mm à 20 mm de rayon et un second ensemble avec des rayons allant de 30 à 40 mm. Ces charbons pourraient donc provenir de bois de diamètre minimum d'environ 4 cm et 8 cm. Il faut toutefois considérer ces résultats avec prudence au regard des faibles effectifs observés.

Le choix du bouleau comme combustible dans ce cadre artisanale est aussi à souligner. Le bouleau est un bon combustible (flamme longue, claire, sans fumée). Il se consume rapidement mais dégage beaucoup de chaleur. C'est un excellent bois d'allumage, surtout sous la forme de brindilles (Rameau *et al.*, 1989).

La majorité des fragments présentaient des aspects « durs-luisants » synonymes de combustions en milieu réducteur et chaud (ex. four ou fond de foyer?).

L'usage de bois de bouleau de petit et moyen calibre peut apparaître quelque peu surprenant en contexte artisanale. Pourtant il permet une combustion à priori intense en générant de fortes températures. Il a probablement fallu alimenter

régulièrement le foyer afin de maintenir la combustion dans la durée, même si quelques bois de chêne ou de hêtre de plus gros calibre ont aussi été utilisés.

– Interprétation des prélèvements provenant des niveaux de comblement de rejets domestiques (prélèvements 1027, 1030, 1050).

Six taxons ont été identifiés pour l'ensemble des trois prélèvements. Il s'agit par ordre d'importance du chêne (*Quercus sp.*), du hêtre (*Fagus sylvatica*), du bouleau (*Betula sp.*), du saule / peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*) et du frêne (*Fraxinus sp.*).

Les fragments proviennent majoritairement de bois de petit calibre (forte courbure de cerne) et ce, quelles que soient les essences. Seuls quelques charbons de chêne présentaient des courbures faibles et des thylles, traits synonymes de bois de gros calibres.

Les calculs des positions radiales des fragments réalisées sur les fragments de chêne (Fig. 42) ont permis de repérer deux à trois ensembles : un premier ensemble correspond à des charbons positionnés autour de 10 mm à 30 mm, un second autour de 40 à 60 mm, et un ensemble constitué de deux éléments dont les rayons varient autour de 180 à 190 mm. Ces charbons pourraient donc provenir de bois de diamètre minimum d'environ 6 cm, 12 cm et peut-être jusqu'à 38 cm. Il faut toutefois considérer ces résultats avec précaution au regard des faibles effectifs observés.

De nouveau la prédominance de fragments provenant de petits et moyens calibres suggère un combustible utilisé pour des phases d'allumages et/ou des combustions nécessitant des réapprovisionnements réguliers.

De façon générale, une forte proportion des fragments présentent des aspects « durs-luisants » ou « fendus-luisants » (environ 80% des fragments de chêne du prélèvement 1030). Ce résultat est caractéristique des combustions soumises à de fortes températures et en conditions réductrices (Blaizot *et al.*, 2004), par exemple lors de combustions dans des fours, des fonds de foyers, ou lors de pratiques de charbonnages (Oilic, 2011).

Des mesures de largeurs moyennes de cernes ont pu être réalisées sur quelques charbons de chêne de faible courbure de cerne et de croissance régulière du prélèvement 1030. Elles ont permis de calculer une largeur moyenne de l'ordre de 1,68 mm (Fig. 41), résultat caractéristique de contextes de croissance plutôt difficiles.

La mise en relation des largeurs moyennes de cernes et des positions radiales calculées sur des charbons de chêne du lot 1030 ne permet pas de discerner de véritable tendance. Beaucoup de fragments en position centrale ou appartenant à des bois de petit calibre montrent de faibles largeurs de cernes. Ce résultat caractérise des branches ou de jeunes arbres avec des croissances faibles. En revanche, on constate quelques fragments en position plus extérieure (entre 40 et 50 mm de rayon) montrant des croissances très importantes (de l'ordre de 3 à 3,5 mm). Cela pourrait traduire des ressauts de croissance déjà constatés précédemment (ex. prélèvement 1080). L'hypothèse de bois en provenance de boisements de type « taillis-sous-futaie » semble la plus probable.

- Comparaison des prélèvements 1024 (contexte d'atelier de métallurgie) et 1030 (contexte domestique) à l'aide de l'indice de concentration de Pareto.

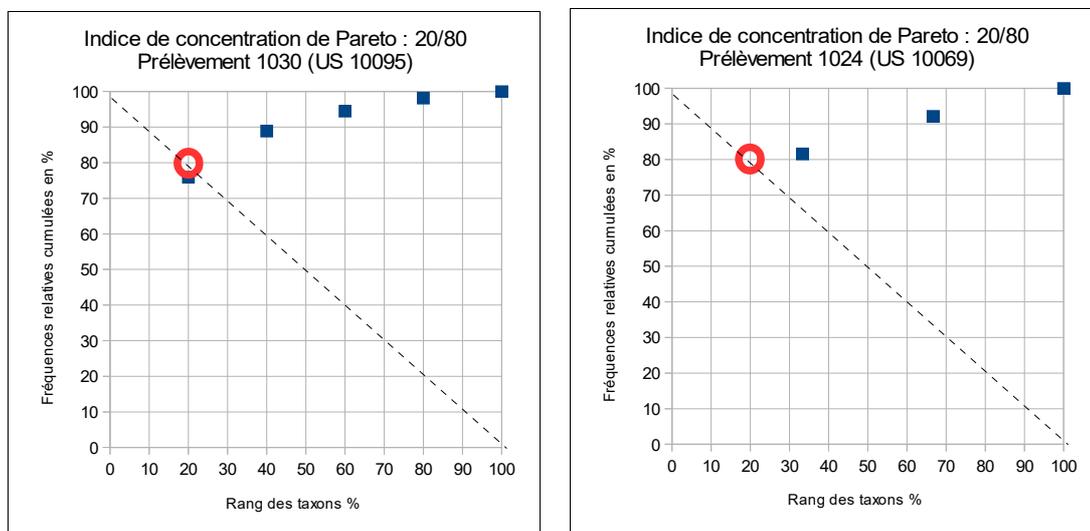


Fig. 45 - Comparaison des indices de concentration de Pareto pour les prélèvements 1030 et 1024.

Le principe du calcul de l'indice de concentration de Pareto repose sur le fait que dans les communautés végétales actuelles, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999).

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto sur les charbons du prélèvement 1030 montre que 20% des taxons représentent environ 80% des charbons. Le résultat respecte donc le rapport d'équilibre connu entre biomasse et répartition des essences dans un écosystème végétal (Chabal *et al.*, 1999). Si l'on en croit cet indice, la composition anthracologique constatées est probablement issue de ramassages de « tout venant », peu sélectifs. Elle correspond donc potentiellement à la diversité de la végétation ligneuse qui devait exister dans l'aire de ramassage autour du site. Ce type de collecte de bois est plutôt associé à des usages domestiques.

En revanche, le résultat de l'indice de Pareto du prélèvement 1024 ne semble pas respecter ce rapport. La composition anthracologique est donc probablement issue d'une sélection du combustible (choix du bouleau). Ce constat est plutôt caractéristique des activités artisanales.

Ces résultats corroborent les interprétations archéologiques des contextes domestiques et artisanaux des prélèvements 1030 et 1024.

## 4. SYNTHÈSE

Cette étude repose sur l'observation de 463 charbons. Une partie des prélèvements provenant de rejets d'atelier de métallurgie, nous avons procédé à des mesures dites de « calibration » (estimation des diamètres minimum du bois) afin de préciser des choix techniques de l'artisanat.

Cette étude a permis de constater des faits archéobotaniques intéressants, notamment en ce qui concerne la qualité du bois utilisé mais aussi sur la description de l'environnement boisé.

Nous avons d'autre part observé certaines différences de compositions anthracologiques entre prélèvements interprétés comme des rejets domestiques et artisanaux.

Les résultats sont représentés sous la forme de tableaux synthétiques ci-dessous correspondant respectivement aux opérations C309\_06 et C309\_11 (Fig. 46 et 47).

Structures, hypothèses archéologiques	Faits archéologiques	Datation de l'US	Taxons (par ordre d'importance)	Hypothèses techniques	Types de boisements	Largeurs moyennes de cernes
<b>C309_06</b>  <b>Structure d'abandon d'un comblement d'un cellier par des rejets d'atelier de métallurgie et de rejets domestiques</b>  --  <b>CEL 6023</b>	PLV 1080 (US6024) et PLV 1083 (US 6032)  rejets d'atelier de métallurgie	<i>haut-empire</i>	<i>Quercus sp., Fagus sylvatica., Betula sp. Pomoïdée.</i>	<p><b>Rejets d'atelier de métallurgie :</b> Quatre taxons ont été identifiés. En plus du chêne et du hêtre nous détectons le bouleau et les Pomoïdées.</p> <p>La présence du hêtre, excellent combustible, appuie l'hypothèse de rejets de combustion.</p> <p>Les fragments de chêne sont plutôt de gros calibres alors que les autres essences sont plutôt de petit calibre.</p> <p>On peut donc supposer que les bois de bouleau, Pomoïdées, et hêtre ont été utilisés lors des phases d'allumage, le bois de chêne permettant d'entretenir la combustion.</p> <p>Plusieurs fragments présentaient des aspects « luisants », caractéristiques de conditions de combustion chaudes et réductrices (fours, charbonnages, fourneaux ?).</p> <p>Les mesures de calibration du bois de chêne ont permis d'estimer des bois de 6 cm, 14 cm et 22 cm de diamètre. Le bois de hêtre a été estimé à 1 cm, 4 cm et 8 cm de diamètre.</p> <p>L'indice de concentration de Pareto indique plutôt une composition anthracologique « sélectionnée ».</p> <p>Des ressauts de croissance des cernes sont perçus. L'hypothèse d'une coupe d'un taillis-sous-futaie est probable.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie-hêtraie</b> (<i>Fagus sp., Quercus sp.</i>)</p> <p><b>Boisements ouverts, végétations de lisières ou landes-fourrés</b> (<i>Betula sp., Pomoïdées</i>)</p>	Mesures sur fragments de faible courbure : (US 6024) Moy. = 1,47mm (N=27 ; Ec-type = 0,84mm)  Contexte de croissance difficile.
	PLV 1074 (US 6044)  rejets à la base du comblement, d'origine domestique	<i>haut-empire</i>	<i>Quercus sp., Fagus sylvatica, Betula sp., Salix sp./ Populus sp., Alnus sp.</i>	<p><b>Rejets d'origine domestique :</b> Cinq taxons ont été identifiés. De nouveau, les fragments de chêne correspondent à du bois de gros calibre alors que les autres essences sont de moyen et petit calibre.</p> <p>Des mesures de calibration ont permis d'estimer des bois de chêne d'environ 10 cm, 16 cm et 22 cm de diamètre.</p> <p>On peut donc supposer que les bois de hêtre, saule / peuplier, aulne, bouleau ont été utilisés lors des phases d'allumage, le bois de chêne permettant l'entretien de la combustion.</p> <p>Plusieurs fragments présentaient des aspects « luisants », caractéristiques de conditions de combustion chaudes et réductrices (fours, charbonnages, fourneaux ?).</p> <p>L'indice de Pareto indique plutôt une composition anthracologique de « tout-venant ».</p> <p>Des ressauts de croissance des cernes sont perçus. L'hypothèse d'une coupe d'un taillis-sous-futaie est probable.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie-hêtraie</b> (<i>Fagus sp., Quercus sp.</i>)</p> <p><b>Boisements ouverts, végétations de lisières ou landes-fourrés</b> (<i>Betula sp.</i>)</p> <p><b>Boisements hygrophiles</b> (<i>Salix sp. / Populus sp., Alnus sp.</i>)</p>	Mesures sur fragments de faible courbure : (US 6044) Moy. = 1,31mm (N=21 ; Ec-type = 0,59mm)  Contexte de croissance difficile.

<p><b>C309_06</b></p> <p><b>Comblement d'une fosse d'origine domestique</b></p> <p>--</p> <p><b>FOS 6127</b></p>	<p>PRL 1072 (US 6186) et PLV 1073 (US 6183)</p>	<p><i>haut-empire</i></p>	<p><i>Quercus sp., Fagus sylvatica, Salix sp., Salix sp. / Populus sp., Prunus sp., Pomoidée, Acer sp.</i></p>	<p><b>Rejets de foyers</b> : Sept taxons ont été identifiés.</p> <p>Les fragments sont de moyens et petits calibres, caractérisant des combustions courtes.</p> <p>La diversité constatée est plutôt caractéristique de collectes de bois de « tout-venant » associées à des usages domestiques.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie-hêtraie</b> (<i>Fagus sp., Quercus sp., Acer sp.</i>)</p> <p><b>Boisements ouverts, végétations de lisières ou landes-fourrés</b> (<i>Pomoidées, Acer sp., Prunus sp.</i>)</p> <p><b>Boisements hygrophiles</b> (<i>Salix sp. / Populus sp., Salix sp.</i>)</p>	
<p><b>C309_06</b></p> <p><b>Comblement d'un puits domestique</b></p> <p><b>structures PUI 6022 et PUI 6120</b></p>	<p>PLV 1088 (US 6220), PLV 1076 (US 6124), PLV 1089 (US 6254)</p>	<p><i>haut-empire</i></p>	<p><i>Fagus sylvatica, Quercus sp., Alnus sp., Quercus sp/ Castanea sp, Pomoidées.</i></p>	<p><b>Rejets de foyers</b> : Cinq taxons ont été identifiés. La présence du hêtre, excellent combustible, appuie l'hypothèse de rejets de combustions.</p> <p>Les fragments sont de moyens et petits calibres, caractérisant plutôt des combustions courtes.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie-hêtraie</b> (<i>Fagus sp., Quercus sp., Quercus / Castanea sp.</i>)</p> <p><b>Boisements ouverts, végétations de lisières ou landes-fourrés</b> (<i>Pomoidées</i>)</p> <p><b>Boisements hygrophiles</b> (<i>Alnus sp.</i>)</p>	<p>Mesures sur fragments de faible courbure :</p> <p>PLV 1089 : Moy. = 0,72 mm (N=7 ; Ec-type = 0,23 mm)</p> <p>PLV 1088 : Moy. = 1,27 mm (N=4 ; Ec-type = 0,3 mm)</p> <p>Contexte de croissance difficile.</p>

Fig. 46 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les différentes structures archéologiques de l'opération C309\_06 attribuées au haut-empire.

Structures, hypothèses archéologiques	Faits archéologiques	Datation de l'US	Taxons (par ordre d'importance)	Hypothèses techniques	Types de boisements	Largeurs moyennes de cernes
<b>C309_11</b> <b>Comblement d'une fosse d'origine domestique</b>  <b>structure FOS 1006</b>	PRL 1005 (US 10005)	<i>haut-empire</i>	<i>Fagus sp.</i> <i>Quercus sp.</i> ,	<b>Rejets de foyers</b> : Deux taxons ont été identifiés : le hêtre et le chêne. La prépondérance du hêtre, excellent combustible, appuie l'hypothèse de rejets de combustions.  Les fragments sont de calibres hétérogènes, caractéristiques de combustions alternant des phases d'allumage et d'entretien du feu.  Plusieurs fragments présentaient des aspects « durs-luisants », caractéristiques de conditions de combustion chaudes et réductrices (fours, charbonnages, fourneaux ?).	<b>Boisement de type chénaie-hêtraie</b> ( <i>Fagus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> )	
<b>C309_11</b> <b>Comblement d'une fosse avec des rejets d'atelier de métallurgie</b>  <b>structure FOS 10156</b>	PRL 1065 (US 10157)	<i>haut-empire</i>	<i>Fagus sylvatica.</i> , <i>Quercus sp.</i>	<b>Rejets de foyers</b> : Deux taxons ont été identifiés : le hêtre et le chêne. La prépondérance du hêtre, excellent combustible, appuie l'hypothèse de rejets de combustions.  Les fragments sont de calibres hétérogènes, caractéristiques de combustions alternant des phases d'allumage et d'entretien du feu.  Plusieurs fragments présentaient des aspects « durs-luisants », caractéristiques de conditions de combustion chaudes et réductrices (fours, charbonnages, fourneaux ?).	<b>Boisement de type chénaie-hêtraie</b> ( <i>Fagus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> )	
<b>C309_11</b> <b>Comblement d'une fosse avec des rejets domestiques et d'atelier de métallurgie</b>  <b>structure FOS 10069</b>	PLV 1020 (US6024)  PLV 1023 (US6032)  PLV 1024 (US6032)  niveaux de comblement associés aux rejets d'atelier de métallurgie	<i>Ile S.</i>	<i>Betula sp.</i> , <i>Fagus sylvatica.</i> , <i>Quercus sp.</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Fraxinus sp.</i> , <i>Pomoïdeae</i> ,	<b>Rejets de foyers</b> : Six taxons ont été identifiés. Le bouleau étant l'essence dominante dans deux des trois lots.  Les fragments proviennent essentiellement de bois de petit et moyen calibre, seuls quelques fragments de chêne et hêtre proviennent de bois plus important.  Des mesures de calibration sur des charbons de bouleau ont permis d'estimer des bois des diamètres minimum d'environ 4 cm à 8 cm.  Le choix du bouleau comme combustible principal dans ce cadre artisanale est à souligner. Le bouleau est un bon combustible (flamme longue, claire, sans fumée). Il se consume rapidement mais dégage beaucoup de chaleur (Rameau <i>et al.</i> , 1989). Il a probablement fallu alimenter très régulièrement le foyer afin de maintenir la combustion dans la durée.  La majorité des fragments présentaient des aspects « durs-luisants » synonymes de combustions en milieu réducteur et chaud (ex. four, fond de foyer).  L'indice de concentration de Pareto calculé sur le lot 1024 indique plutôt une composition anthracologique « sélectionnée ».	<b>Boisement de type chénaie-hêtraie</b> ( <i>Fagus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> )  <b>Boisements ouverts, végétations de lisières ou landes-fourrés</b> ( <i>Betula sp.</i> , <i>Pomoïdées</i> , <i>Corylus avellana</i> )  <b>Boisements hygrophiles</b> ( <i>Fraxinus sp.</i> )	

<p>PLV 1027 (US10061)</p> <p>PLV 1030 (US10061)</p> <p>PLV 1050 (US10095)</p> <p>Dernière utilisation de la fosse pour un usage domestique</p>	Ile S.	<p><i>Quercus sp., Fagus sylvatica., Betula sp., Salix sp./ Populus sp., Fraxinus sp.</i></p>	<p><b>Rejets de foyers</b> : Six taxons ont été identifiés : par ordre d'importance on trouve du chêne (<i>Quercus sp.</i>), du hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>), du bouleau (<i>Betula sp.</i>), du saule / peuplier (<i>Salix sp. / Populus sp.</i>) et du frêne (<i>Fraxinus sp.</i>).</p> <p>Les fragments proviennent essentiellement de bois de petit et moyen calibre. Seuls quelques fragments de chêne proviennent de bois plus important.</p> <p>Des mesures de calibration sur des charbons de chêne ont permis d'estimer des bois des diamètres minimum d'environ 6 cm, 12 cm et peut être jusqu'à 38 cm.</p> <p>La prédominance de fragments provenant de petits et moyens calibres suggère un combustible utilisé pour des phases d'allumages et/ou des combustions nécessitant des réapprovisionnements réguliers.</p> <p>La majorité des fragments présentaient des aspects « dur-luisants » synonymes de combustions en milieu réducteur et chaud (ex. four, fond de foyer).</p> <p>Des ressauts de croissance des cernes sont perçus. L'hypothèse d'une coupe d'un taillis-sous-futaie est probable.</p> <p>L'indice de concentration de Pareto calculé sur le lot 1030 indique plutôt une composition anthracologique « de tout-venant ».</p>	<p><b>Boisement de type chênaie-hêtraie</b> (<i>Fagus sp., Quercus sp.</i>)</p> <p><b>Boisements ouverts, végétations de lisières ou landes-fourrés</b> (<i>Betula sp.</i>)</p> <p><b>Boisements hygrophiles</b> (<i>Salix sp. / Populus sp., Fraxinus sp.</i>)</p>	<p>Mesures sur fragments de faible courbure :</p> <p>PLV 1030 : Moy. = 1,68 mm (N=6 ; Ec-type = 1,11 mm)</p> <p>Contexte de croissance difficile.</p>	

Fig. 47 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les différentes structures archéologiques de l'opération C309\_11 attribuées au IIe siècle.

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

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

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

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

- le groupement forestier de **la chênaie-hêtraie** : hêtre (*Fagus sylvatica*), chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*) avec ponctuellement le frêne (*Fraxinus sp.*) et l'érable (*Acer sp.*). Ce groupement est détecté dans la plupart des prélèvements. Il correspond au groupement forestier caractéristique de la période du Subatlantique, largement détecté par la palynologie et majoritaire dans le nord-ouest de la France (Gaudin, 2004).
- **les "landes-fourrés", lisières forestières, associations héliophiles** : bouleau (*Betula sp.*), noisetier (*Corylus avellana*), Pomoïdées, prunelliers (*Prunus sp.*), voire frêne (*Fraxinus sp.*) et érable (*Acer sp.*). Ces végétations attestent l'existence d'espaces ouverts dans l'aire de ramassage autour du site, espaces peut-être délimités par des haies ? Ces boisements ouverts peuvent aussi correspondre à des espaces en déprise agricole et recolonisés par des essences pionnières que sont le bouleau et le noisetier.
- **les boisements hygrophiles** sont perçus avec l'aulne (*Alnus sp.*), le saule (*Salix sp.*), le saule / peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*) accompagnés potentiellement du frêne (*Fraxinus sp.*). Ces boisements étaient probablement localisés dans la zone alluviale de l'Eure.

Les mesures de largeurs de cernes réalisées sur les fragments de chêne de gros et moyen calibre ont permis de calculer des moyennes de largeurs de cernes. De façon générale, on constate des valeurs moyennes centrées majoritairement entre 0,72 et 1,47 mm. Ces résultats montrent que les bois collectés proviennent de contextes de croissance contraignants.

De plus nous avons constaté sur certains fragments des « ressauts de croissance » par la mise en relation des mesures de calibration et des largeurs de cernes (cf. Figures 18, 23 et 43 ) mais aussi parfois directement sur les charbons, (cf. Fig. 24).

L'hypothèse de collecte de bois à l'intérieur de boisements de type « taillis-sous-futaie », mode de gestion forestier alternant des phases de croissance et d'éclaircies est probable (Fig. 48).

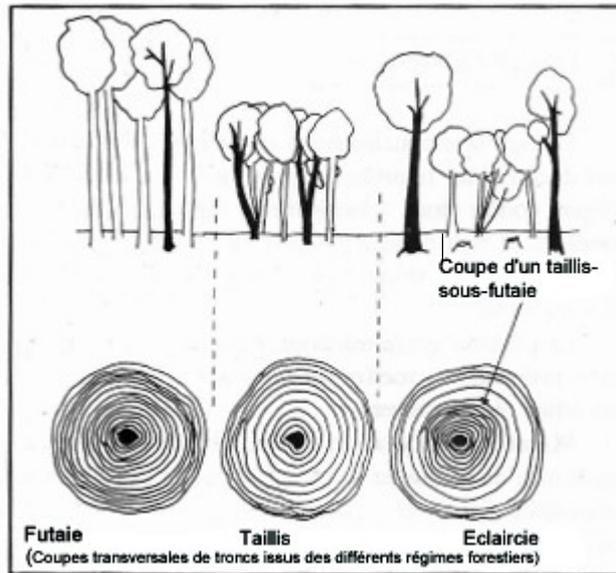


Fig. 48 - Schéma des trois régimes forestiers : futaie, taillis, taillis-sous-futaie.

Notons que l'étude du lot 1004 (US 10010 - opération C309\_11) (Gaudin, 2016), avait plutôt mis en évidence une collecte de bois de chêne de gros calibre que nous avons interprété en provenance d'une futaie. L'hypothèse du taillis-sous-futaie reste cohérente avec les résultats de 2016, car certains arbres sont généralement laissés en réserve (à côté des cépées et des baliveaux) dans ce type de gestion forestière.

Afin de comparer les résultats de moyennes de largeurs de cernes avec d'autres études, nous avons ajouté ces valeurs aux résultats déjà acquis sur différents sites antiques de la ville. Ces résultats sont indiqués dans les graphiques suivants, mettant en relation les moyennes de largeurs de cernes en fonction du temps (Fig. 49 et 50).

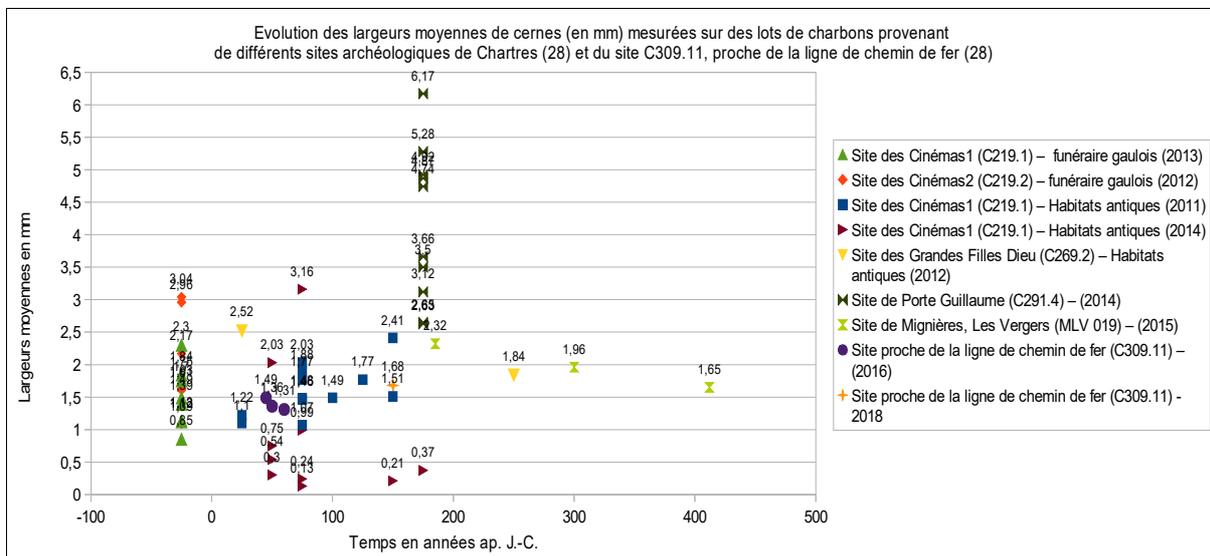


Fig. 49 - Graphique mettant en relation les mesures de largeurs moyennes de cernes en fonction du temps (estimation de la date médiane de chaque phase), calculées sur différents sites de Chartres et de Mignières, intégrant les données collectées sur le site de la Rue du Chemin de Fer (C309.11).

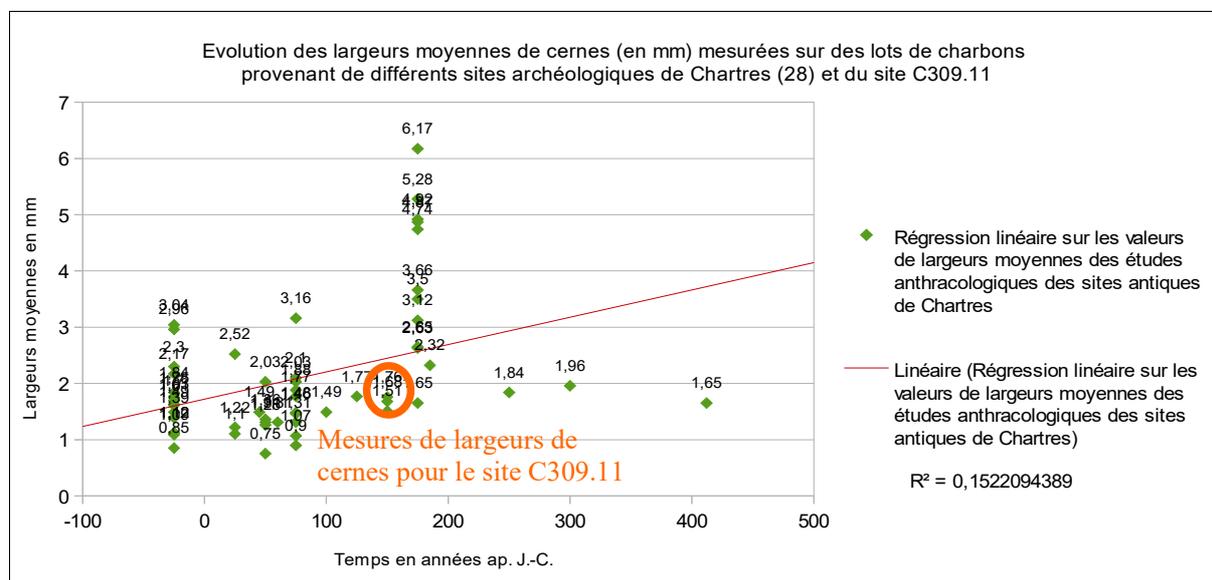


Fig. 50 - Graphique mettant en relation les mesures de largeurs moyennes de cernes en fonction du temps (estimation de la date médiane de chaque phase). Régression linéaire réalisée sur les valeurs.

Remarque : Les moyennes obtenues pour les lots de l'opération C303.06 n'ont pas été ajoutées car leur attribution chronologique (Haut-empire) est trop imprécise.

La moyenne obtenue sur le prélèvement 1030, s'insère dans les résultats obtenus lors de précédentes opérations à Chartres. Les moyennes de largeurs de cernes exprimées en fonction du temps montrent une légère tendance à l'augmentation. C'est une conséquence probable de l'amélioration des contextes de croissance des arbres liée à l'ouverture du paysage (cf. régression linéaire sur les valeurs, Fig. 50).

#### **- Informations d'ordre technique :**

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

Une part importante des compositions anthracologiques proviennent de bois de petit et moyen calibre. Seuls des fragments de chêne et de hêtre proviennent de bois de gros calibre. Notons que ces résultats diffèrent de ce que nous avons constaté lors de l'étude des prélèvements 1004, 1006, 1014, 1025, 1064 (opération C309.11) composés essentiellement de fragments provenant de bois de gros calibre (Gaudin, 2016).

La détection de nombreux fragments provenant de bois de petit et moyen calibre pourrait être liée à des choix d'ordre « technique ». Ils sont d'une part plus faciles à couper et à collecter. D'autre part, ce type de bois produit une combustion intense et rapide, ce sont généralement des bois utilisés pour l'allumage. La détection en abondance de fragments de bouleau détectés dans les niveaux de comblement de la fosse 10069 appuierait cette hypothèse, car cette essence se consume en produisant beaucoup de chaleur. Le bois de chêne et de hêtre de gros calibre a ensuite été utilisé pour la montée et l'entretien des combustions.

Il faut aussi évoquer une raison environnementale dans le choix des taxons. Au regard des irrégularités des croissances observées sur certains fragments (ex. Fig. 24), il y avait probablement dans les environs des boisements traités en taillis-sous-futaie susceptibles de fournir de nombreuses essences ligneuses, à la fois héliophiles (boisements ouverts) et hygrophiles (en zone alluviale). De plus, le taillis-sous-futaie rend cohérent la collecte de bois de tout calibre, car ce mode de gestion correspond à des coupes régulières d'arbres et de branches (cépées) mais avec le maintien de quelques arbres en place (baliveaux et arbres de réserve : chêne et hêtre) destinés à produire du bois de plus gros calibre et du bois d'œuvre (Fig. 51).

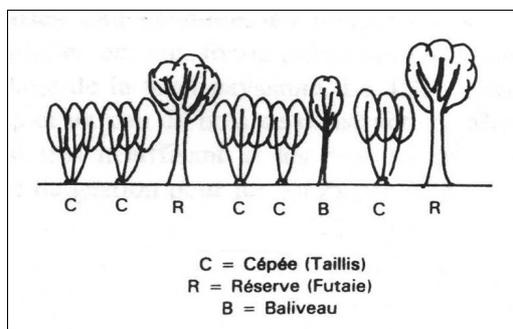


Fig. 51 - Illustration du mode de gestion de type « taillis-sous-futaie ».

Les structures 6023 (comblement de cellier) et 10069 (comblement de fosse) offrent la possibilité de comparer des compositions anthracologiques correspondant dans les deux cas à des rejets d'atelier de métallurgie recouvrant des niveaux d'origine domestique.

- Comparaison des compositions anthracologiques du comblement de cellier (lots 1080, 1083 et 1074, structure CEL 6023) :

Nous constatons peu de différences entre les essences associées aux rejets de l'atelier de métallurgie et celles liées aux rejets d'origine domestiques situés à la base du comblement. Le chêne et le hêtre dominent dans les deux cas. Le bouleau est aussi détecté dans les deux ensembles, en revanche les taxons de zones humides sont détectés uniquement dans les niveaux domestiques et les Pomoïdées uniquement dans les niveaux de complements liés à l'activité de métallurgie.

En ce qui concerne le calibre des bois utilisés nous constatons des résultats semblables, à savoir une prédominance des bois de petit et moyen calibre. Le bois de gros calibre est constitué uniquement par du bois de chêne. Les mesures de calibration réalisées sur les fragments de chêne montrent aussi des diamètres proches (entre 6 et 22 cm).

La proportion des charbons « luisants » est importante dans l'ensemble des prélèvements. Nous avons donc affaire à des rejets de combustions ayant eu lieu dans des conditions chaudes et anaérobies (ex. fours, charbonnages, fourneaux ?) à la fois dans les niveaux de rejets d'atelier métallurgique et dans le remblai d'occupation domestique.

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto met en évidence une différence dans la collecte du bois. L'indice semble se rapprocher d'un ramassage de « tout-venant » pour la collecte des bois correspondant au niveau domestique, alors que l'on perçoit davantage de « sélection » en bois de chêne et de hêtre dans les charbons correspondant aux rejets d'atelier de métallurgie.

Pour ce qui concerne les lieux d'approvisionnement, le bois de chêne semble provenir dans les deux cas d'un boisement de type « taillis-sous-futaie ». Les mesures de largeurs moyennes de cernes sont elles aussi semblables, elles correspondraient à des contextes de croissance difficiles. Cependant, la détection de taxons hygrophiles dans le lot 1074 (niveaux de rejets domestiques) étend l'aire de ramassage à la zone alluviale.

Les calculs des moyennes de largeurs de cernes montrent des valeurs proches pour les prélèvements situés à la base et à l'intérieur du comblement (entre 1,47 et 1,31 mm). Elles correspondent à des contextes de croissance des arbres difficiles.

- Comparaison des compositions anthracologiques (lots 1020, 1023, 1024, et 1027, 1030, 1050) du comblement de la fosse (FOS 10069) :

Les compositions anthracologiques des niveaux de rejets d'atelier de métallurgie se démarquent par la prédominance des fragments de bouleau provenant de bois de petit calibre (ex. lot 1024). Les fragments des autres essences proviennent essentiellement de bois de petit et moyen calibre, seuls quelques fragments de chêne et hêtre proviennent de bois plus important.

Dans les niveaux d'usage domestique (lots 1027, 1030, 1050), on constate aussi une composition anthracologique dominée par les bois de petit et moyen calibre. Le chêne et le hêtre sont les taxons les mieux représentés. De nouveau, seuls quelques fragments de chêne proviennent de bois plus gros. Notons la détection du saule / peuplier, constat qui élargit l'aire de collecte à une zone humide, peut-être la zone alluviale de l'Eure. C'est donc un fait commun avec la composition

anthracologique située à la base du comblement du cellier (lot 1074, CEL 6023) et interprétée aussi d'origine domestique.

De nombreux charbons à l'aspect « luisant » sont détectés dans l'ensemble des lots de la fosse. Les fragments semblent donc provenir de combustions chaudes et anaérobies (ex. fours, charbonnages, fourneaux ?) et ce quel que soit l'origine des prélèvements (rejets domestiques ou artisanaux).

Néanmoins, le calcul de l'indice de concentration de Pareto semble montrer une différence en ce qui concerne le ramassage du bois. On perçoit une collecte de bois de « tout-venant » pour les charbons provenant de la dernière utilisation de la fosse (lot 1030) alors que le bois semble avoir été sélectionné pour les niveaux de comblement associés aux rejets de l'atelier de métallurgie (lot 1024).

- Comparaison des résultats obtenus pour les études des comblements de la fosse (FOS 10069) et du cellier (CEL 6023)

On constate davantage de similitudes que de différences entre les compositions anthracologiques des deux structures :

Points communs :
<p>→ c'est principalement du bois de petit et moyen calibre de différentes essences qui est identifié. Les quelques fragments provenant de bois de gros calibre correspondent à du chêne et du hêtre.</p> <p>→ l'indice de concentration de Pareto montre une différence semblable à l'intérieur des deux structures : un ramassage de « tout venant » pour les niveaux d'origine domestique et un bois plutôt sélectionné pour les rejets de l'atelier de métallurgie.</p> <p>→ on constate aussi une différence concernant les groupements végétaux identifiés. Pour les rejets de combustion d'origine domestique, on a pu reconnaître des essences de bois hygrophiles (aulne, saule, saule / peuplier), ce qui n'est pas le cas pour les rejets de l'atelier de métallurgie (mis à part peut être le frêne, ubiquiste).</p> <p>→ Les moyennes de largeurs de cernes sont semblables. Les contextes de croissance des chênes sont identiques.</p> <p>→ L'approvisionnement dans un boisement de type « tailis-sous-futaie » est probable dans les deux cas. Ce qui expliquerait l'hétérogénéité des calibres perçus (petit, moyen et gros calibre) et la détection d'essences héliophiles (ex. bouleau, noisetier, Pomoïdées et <i>Prunus sp.</i>)</p>
Points différents :
<p>→ La détection abondante du bouleau dans le comblement de la fosse (Fo 10069, lot 1024).</p>

## 5. BIBLIOGRAPHIE

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

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

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

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

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., 2016 - Analyse de fragments charbonneux provenant de la fouille de la Rue du Chemin de Fer (C309), Chartres (28), 27p. (Destinataire public : Maison de l'Archéologie, Ville de Chartres, R.O. P. Gibut )

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

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

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

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

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

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

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 pages.

## 6. ANNEXE



Fig. 52 – Coupe transversale d'un fragment de chêne (*Quercus sp.*) d'aspect « fendu-luisant ». Prélèvement 1088.

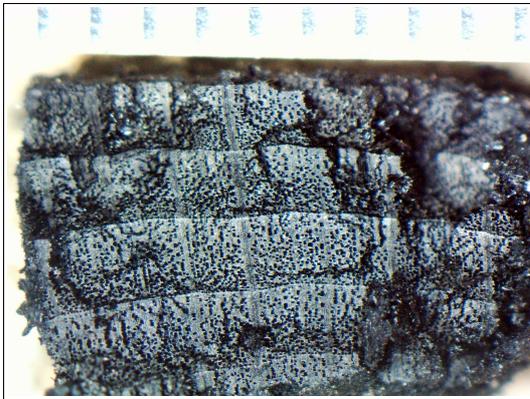


Fig. 53 – Coupe transversale d'un fragment d'aulne (*Alnus sp.*). Prélèvement 1076.

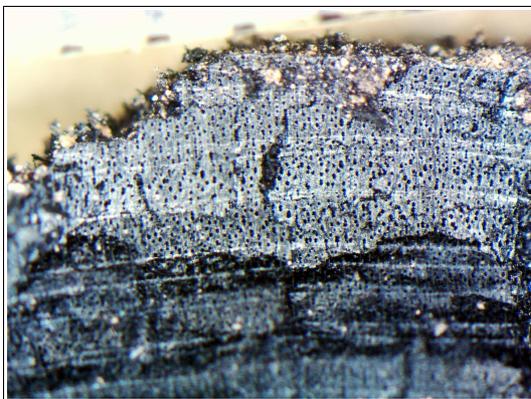


Fig. 54 – Coupe transversale d'un fragment d'érable (*Acer sp.*). Prélèvement 1073.