



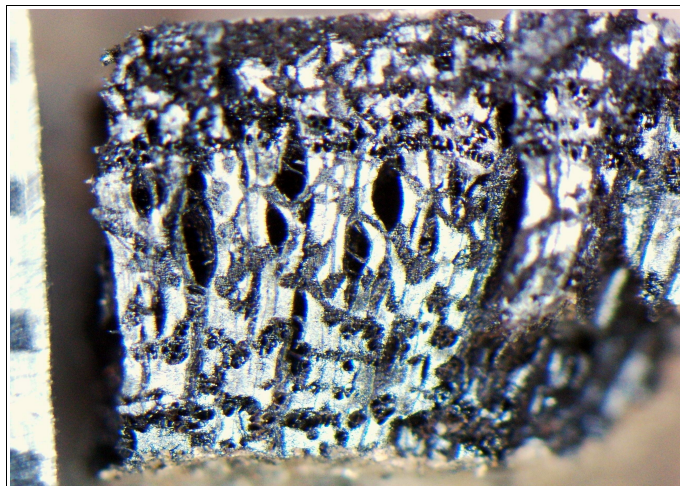
# ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES  
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSE DES FRAGMENTS CHARBONNEUX PRÉLEVÉS  
LORS DES OPÉRATIONS ARCHÉOLOGIQUES DES SITES DU  
« PRUTOT » ET DE « LA VERRIÈRE »  
SUR LA COMMUNE DE NORT SUR ERDRE (44).**

**DÉVIATION NORD, TR.1, RD 16.164.**

**OPÉRATION 186489**



**Pôle archéologique  
Département de Loire-Atlantique – Direction Culture –  
Grand Patrimoine de Loire-Atlantique**

Rapport d'étude anthracologique

Novembre 2020

**Département de Loire-Atlantique – Direction Culture –  
Grand Patrimoine de Loire-Atlantique**

---

**Analyse des fragments charbonneux prélevés lors des opérations  
archéologiques des sites du « Prutot » et de « La Verrière » sur  
la commune de Nort Sur Erdre (44).**

**Opération 186489.**

---

**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)

---

**Novembre 2020**

Illustration de la page de couverture :

*Fragment d'une Fabacée ligneuse de type genêt (Fabaceae type Cytisus scoparius),  
de forte courbure de cerne présentant un aspect dur-luisant et des fentes de  
retrait. Prélèvement n°19 (Comblement de la fosse Fs 2036 – US 2252). Coupe  
transversale sous loupe binoculaire x25 (l'échelle représente des millimètres).*

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....</b>	<b>6</b>
<b>2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION .....</b>	<b>9</b>
2.1. Équipement d'observation.....	9
2.2. Méthodologie.....	10
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux .....	15
2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration ».....	17
2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	19
<b>3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....</b>	<b>22</b>
3.1. Prélèvements en provenance du site du Prutot : structures datées du Haut-Empire.....	22
3.1.1. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 1191 – US 1192 : Prélèvement n°8.....	22
a. Résultats.....	22
b. Interprétations .....	22
3.1.2. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 1143 – US 1144 : Prélèvement n°13.....	23
a. Résultats.....	23
b. Interprétation .....	23
3.1.3. Prélèvements du comblement d'une structure de type four FR 1145 – US 1356 : Prélèvements n°14-1, 14-2, 14-3.....	24
a. Résultats.....	24
b. Interprétation.....	26
3.1.4. Prélèvements du comblement de la fosse Fs 1289 : Prélèvements n°16 et n° 17.....	29
a. Résultats.....	29
b. Interprétation.....	29
3.1.5. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 1339 : Prélèvement n° 25.....	30
a. Résultats.....	30
b. Interprétation.....	30
3.2. Prélèvements en provenance du site de la Verrière : structures datées de la fin du Haut Moyen Âge et du Moyen Âge Central.....	32
3.2.1. Prélèvements de la fosse Fs 2031 – US 2255 : Prélèvements n°18 et n°44.....	32
a. Résultats.....	32
b. Interprétation.....	33
3.2.2. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 2312 – US 2313 : Prélèvement n°34.....	34
a. Résultats .....	34
b. Interprétation.....	34
3.2.3. Prélèvement du comblement du fossé Fo 2033 – US 2315 : Prélèvement n°35.....	36
a. Résultats.....	36
b. Interprétation.....	36
3.2.4. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 2036 – US 2252 : Prélèvement n°19.....	37
a. Résultats.....	37
b. Interprétation.....	37
3.2.5. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 2086 – US 2311 : Prélèvement n°33.....	39
a. Résultats.....	39
b. Interprétation.....	39
3.2.6. Prélèvement du comblement du foyer Fy 2381 – US 2382 : Prélèvement n°48.....	40
a. Résultats.....	40
b. Interprétation.....	41
3.2.7. Prélèvements du comblement du fossé Fo 2096 – US 2411, 2417, 2413, 2416 : Prélèvements n°57, n°58, n°59, n°60, n°61, n°62.....	42
a. Résultats.....	42
b. Interprétation.....	43
<b>4. BILAN.....</b>	<b>45</b>
<b>5. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>56</b>
<b>6. ANNEXE – Photographies.....</b>	<b>58</b>
<b>7. ANNEXE – Mesures de calibration.....</b>	<b>60</b>



## INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors d'une fouille menée sur les sites du « Prutot » et de « La Verrière » sur la commune de Nort sur Erdre (44).

Le site du « Prutot » correspond à une occupation antique, probablement du Haut empire, alors que l'occupation du site de « La Verrière » serait datée de la fin du Haut Moyen Âge – Moyen Âge Central.

Pour le site du Prutot, les contextes des prélèvements sont surtout des comblements de fosses (Fs 1191, Fs 1143, Fs 1289, Fs 1339). La plupart des prélèvements charbonneux sont décrits en position secondaire. Toutefois, une structure de type « four avec alandier et chambre de chauffe » (FR 1145) a été identifiée et livra une quantité importante de charbons. L'analyse des restes pourrait permettre d'aborder des aspects plus fonctionnels.

Les structures ayant livré des charbons sur le site de La Verrière semblent plus variées : comblements de fosses, fossés et foyer. Les charbons collectés sont là aussi probablement en position secondaire, mais l'étude devrait permettre de préciser les essences, la collecte et l'utilisation du combustible sur ce site. Quelques prélèvements semblaient être en relation avec des éléments architecturaux carbonisés (restes de torchis?).

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

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

Cette opération a été menée par le service archéologique de Loire-Atlantique. La fouille ci-présente a été dirigée par Matthieu Yacger. L'étude a été commandée par le service avec l'accord de sa directrice, Hélène Mavéraud-Tardiveau.

# 1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les restes anthracologiques proviennent de 21 prélèvements, huit pour le site du Prutot et treize pour le site de la Verrière. Les prélèvements ainsi que quelques éléments d'interprétation sont listés dans les tableaux suivants (Fig. 1 et 2).

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

L'ensemble des échantillons a été observé. 883 charbons ont été étudiés.

Lieu-dit	n° plv	US	Structure / zone	Description de la structure	Effectifs étudiés	
Site du Prutot : Site antique / Haut Empire ?	8	1192	Fs 1191	Fosse indéterminée localisée à proximité d'un bâtiment. Probable rejet de foyer. Datation probablement antique.	35	
	13	1144	Fs 1143	Fosse de rejet liée au four FR1145. Présence possible de cendres en plus des charbons. Datation très probablement antique.	35	
	14 - 2	1356	FR 1145	Petit four piriforme avec alandier ovulaire et chambre de chauffe rectiligne. Uniquement creusé dans le sol, pas d'aménagement. Les parois sont légèrement rubéfiées au nord et au fond indiquant des chauffés soit courtes, soit à température modérée (pas de vitrification de la silice). Une couche de cendres et de rares charbons, US 1356 est conservée au fond à l'ouest. Il s'agit probablement des dépôts de fonctionnement qui n'ont pas été enlevés. Elle est recouverte par une couche de charbons épaisse de cm correspondant probablement aux restes de la dernière chauffe (même n° d'US, pas de nettoyage non plus). Tout le sédiment a été prélevé et tamisé. La fonction de ce four reste indéterminée mais oriente vers une utilisation plutôt artisanale que domestique. Il est vraisemblablement daté de la période antique.	70	
	14 - 1				53	
	14 - 3				60	
		16	1290	Fs 1289	Fosse indéterminée localisée à proximité du four FR1145 et de la fosse FS1143. Son comblement supérieur contenait de nombreux charbons et blocs de pierre en rejet. Datation probablement antique.	13
		17	1357			45
	25	1364	Fs 1339	Fosse dépotoir localisée dans l'enclos antique. Le fond de la fosse était légèrement rubéfié (sans aménagement), le charbon peut provenir du reste de la dernière chauffe ou de rejets secondaire dans le cadre de son rebouchage. La destination de la chauffe reste indéterminée (basse température ou chauffe sur une courte période). La fosse a ensuite servi de dépotoir pour cette partie de l'établissement rural (nombreux restes de céramiques et quelques restes d'objets en métal). Datation antique assurée (Haut Empire ?, étude en cours).	30	
					<b>341</b>	

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

Lieu-dit	n° plv	US	Structure / zone	Description de la structure	Effectifs étudiés
Site de La Verrière : site du Moyen Âge / fin Haut MA - MA central	18	2255	Fs 2031	Fosse oblongue communiquant avec le fossé d'enclos FO2033. Sa forme suggère une fonction particulière non déterminée. Son comblement contenait une grande quantité de charbons en position secondaire ayant appuyé l'idée d'une production de charbon sur ce site (La Verrière). La fouille semble indiquer qu'il s'agisse plutôt de rejet d'éléments architecturaux carbonisés (torchis et charpente de petits bâtiments). Datation probable du haut Moyen-Âge (datation 14C de 1100 +/- 30 BP lors du diagnostic).	40
	44				42
	34	2313	Fs 2312	Fosse indéterminée creusée dans le prolongement de la fosse FS2031, entre cette dernière et le fossé FO2033. Le charbon qu'elle contenait est très probablement en position secondaire. Datation probablement médiévale.	40
	35	2315	Fo 2033	Extrémité occidentale du fossé oriental d'enclos de l'établissement rural médiéval. Ce fossé contenait, en cet endroit, une grande quantité de charbons de bois, très probablement en position secondaire. Ces rejets sont probablement liés à ceux pratiqués dans les fosses FS2031 et FS2312. Datation probablement médiévale.	25
	19	2252	Fs 2036	Large fosse d'extraction de sédiment (limon argileux). Son comblement supérieur US 2252 contenait une large quantité de charbons et d'éléments de terre cuite (torchis ?). Le charbon est en position secondaire en contexte de dépotoir/comblement d'une fosse. Datation médiévale (haut Moyen Âge ou Moyen Âge central).	40
	33	2311	Fs 2086	Fosse oblongue indéterminée localisée à l'est dans le site médiéval de La Verrière. Présence de blocs chauffés et d'une couche de cendre et de charbons contre la paroi nord-ouest. Ce dépôt semble en position secondaire (rebouchage). Datation probablement médiévale.	20
	48	2382	Fy 2381	Surcreusement au fond de la grande fosse FS2036 comblé par une couche charbonneuse US 2382. Le charbon est probablement en position secondaire. Datation médiévale.	36
	57	2411	Fo 2096	Extrémité occidentale d'un fossé localisé dans l'extrême angle sud-est de l'emprise du site de La Verrière. Ce fossé était comblé par une très large quantité de charbons ayant contribué à son interprétation comme fosse de charbonnage à l'issue du diagnostic. La fouille a montré qu'il s'agissait d'un fossé et que le charbon et sans doute en position secondaire (pas de traces de chauffe dans la structure). Datation médiévale.	41
	58	2417			50
	59	2413			50
	60	2416			55
	61				52
	62				51
					<b>542</b>

Fig. 2 – Tableau de description synthétique des prélèvements du site de La Verrière, description des structures de provenance et comptages.

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

Cette technique est peu pertinente pour les compositions anthracologiques de faibles diversités, ce qui est globalement le cas des prélèvements étudiés. En effet, pour l'ensemble des prélèvements, on constate généralement entre un et six taxons par prélèvement. Seul le prélèvement n° 34 a permis d'atteindre une diversité supérieure avec neuf taxons. De façon générale les compositions du site de La Verrière se sont révélés un peu plus diversifiées (entre un et neuf taxons) que pour le site du Prutot (entre un et cinq taxons).

Pour exemple la courbe « effort-rendement » réalisée pour le prélèvement n°34 (comblement de la fosse Fs 2312, US 2313), prélèvement comprenant neuf taxons pour 40 charbons observés, montre un seuil compris entre 15 et 30 charbons (Fig. 3). Ce seuil a systématiquement été atteint pour les prélèvements du site de la Verrière lorsque le nombre de charbons présents à l'intérieur des prélèvements était suffisant.

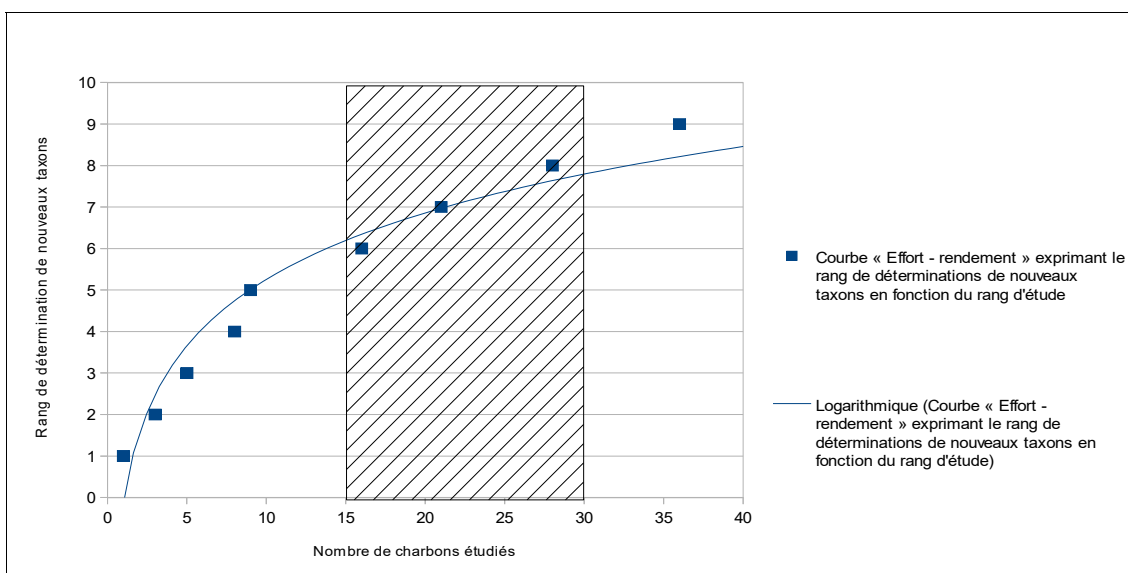


Fig. 3 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°34 (site de La Verrière). Dans cet exemple, le neuvième taxon (*Fraxinus sp.*) a été observé au rang 36 et le seuil « d'effort - rendement » se situe entre 15 et 30 charbons. 40 fragments ont été observés pour ce prélèvement.

Pour le site du Prutot, le prélèvement n°17 a révélé le plus de diversité avec cinq taxons. La courbe « effort-rendement » réalisée montre un seuil compris entre 15 et 30 charbons (Fig. 4). Ce seuil a systématiquement été atteint pour les prélèvements lorsque le nombre de charbons présents à l'intérieur des prélèvements était suffisant.

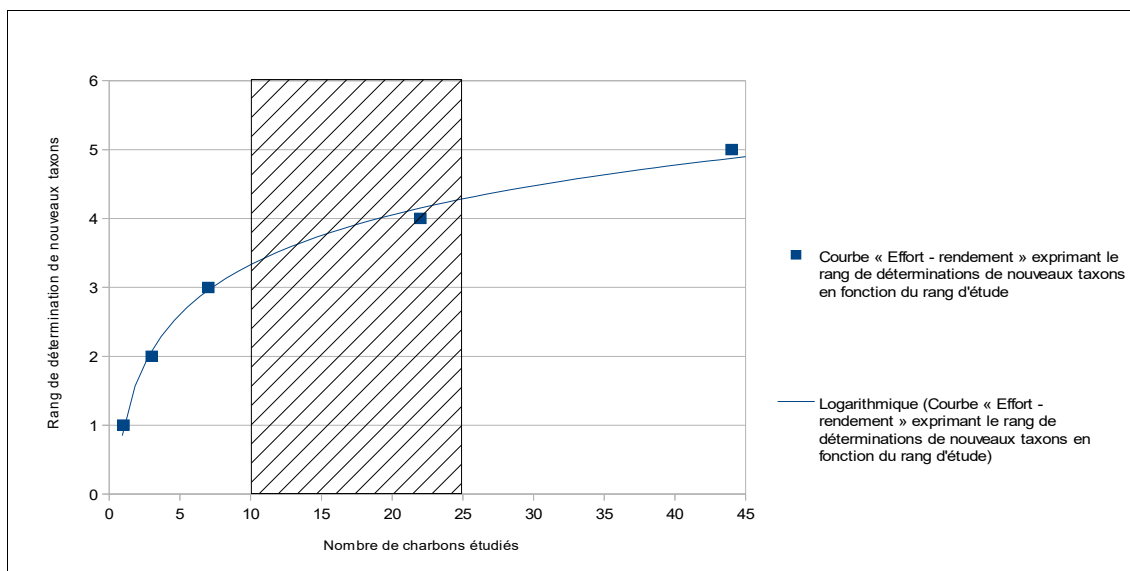


Fig. 4 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°17 (site du Prutot). Dans cet exemple, le cinquième taxon (*Prunus sp.*) a été observé au rang 44 et le seuil « d'effort - rendement » se situe entre 10 et 25 charbons. 45 fragments ont été observés pour ce prélèvement.

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

En concertation avec l'archéologue et en fonction de l'enveloppe allouée pour cette étude, nous avons choisi d'étudier les prélèvements de façon la plus exhaustive possible en répartissant l'effort de l'étude sur l'ensemble des 21 prélèvements. Ainsi nous avons fait en sorte que le nombre de charbons étudiés tienne aussi compte du nombre de fragments présents dans chacun des échantillons (Fig. 1 et 2).



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

## 2.2. Méthodologie

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

- plan transversal,
- plan longitudinal radial,
- plan longitudinal tangential.

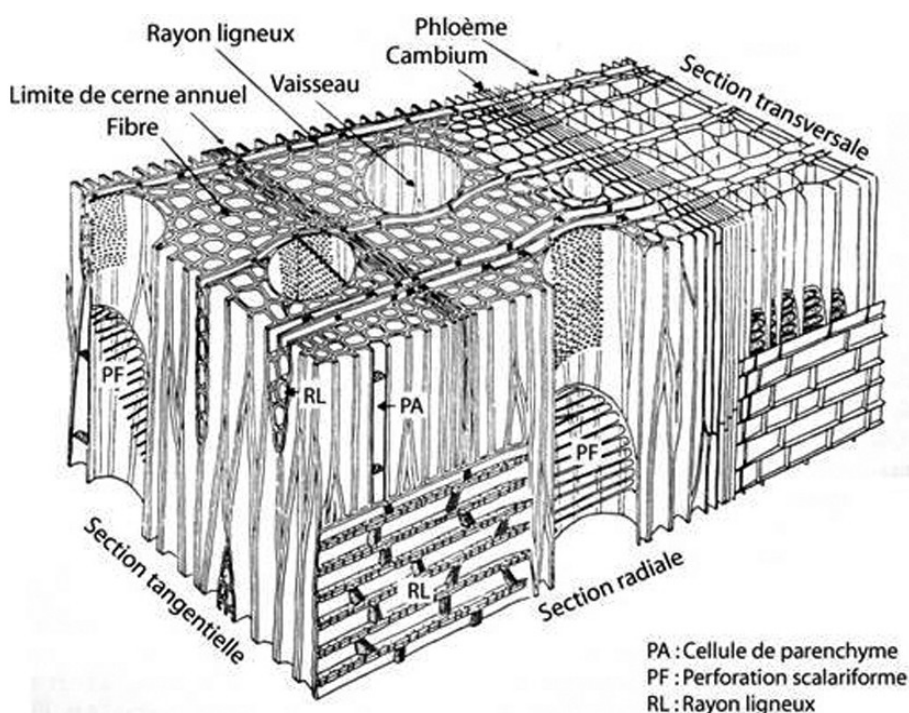


Fig. 6 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

De plus, toute une série d'espèces a été réunie dans le groupe des Pomoidées, sous-famille des Rosacées. Les espèces suivantes s'y retrouvent : Amélanquier (*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 :

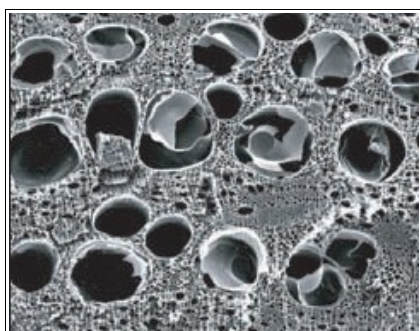
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

#### - **le rythme de croissance**

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

#### - **la présence de thylles**

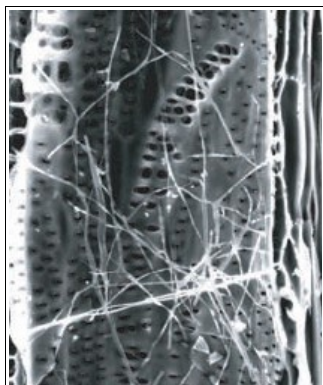
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne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



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

Fig. 7 – 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.

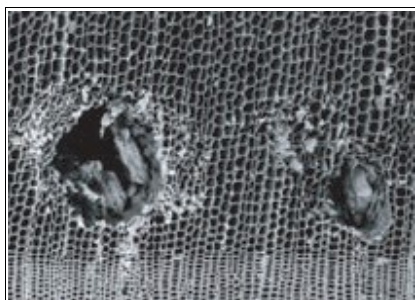
Fig. 8 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

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

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

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

**- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.**



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

Fig. 9 – 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. 10 – Exemple de fentes de retrait (Marguerie et al., 2010).

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

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

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

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

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

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

4. Aspect scoriacé : cet aspect correspond au dernier degré de vitrification. Les charbons de bois ont perdu la quasi-totalité de leurs structures anatomiques. Il ne persiste généralement qu'une sorte de magma informe solidifié, donnant parfois l'aspect d'être entré en ébullition. Ponctuellement, les reliefs de parois cellulaires peuvent être observés, seuls témoins de l'origine végétale de l'échantillon et qui permettent de le distinguer d'une scorie en contexte sidérurgique.

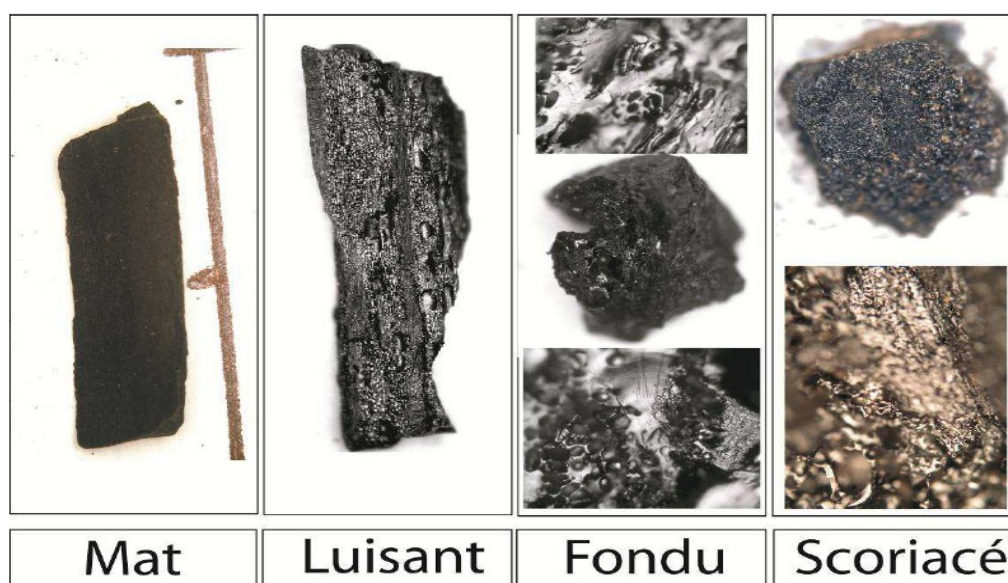
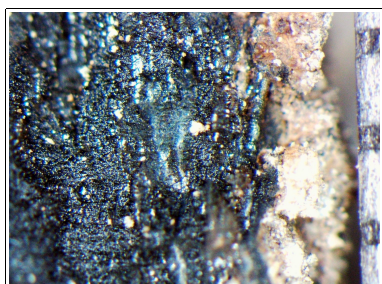


Fig. 11 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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



Remarque : l'aspect de certains charbons n'a pu être qualifié par cette classification. Quelques charbons avaient en effet un aspect « granuleux », avec des structures anatomiques indéterminées. Cet aspect se différencie de l'aspect « scoriacé » par le fait qu'il ne semble pas se produire de phénomène de « fusion » des parois cellulaires. Un cinquième aspect « granuleux » (Fig. 12) a donc parfois été utilisé.

Fig. 12 – Exemple de fragments charbonneux avec un aspect « granuleux ».

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

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

En dehors des strictes informations environnementales, l'anthraco-analyse a des retombées d'ordre ethnographique. L'identification des restes ligneux renseigne sur le choix et la sélection des essences destinées au bois d'œuvre (charpentes, planchers, huisseries...), à l'artisanat des objets domestiques (emmanchements, récipients, meubles...) et aux structures de combustion. De plus, grâce aux observations dendrologiques, des données peuvent être collectées sur les techniques de travail et de débitage du bois, sur l'âge et les périodes d'abattage des arbres, sur les traditions vernaculaires...

## 2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

### - Observations de caractères dendrologiques :

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

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

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

A noter que sur les petites branches (bois de petit calibre, à forte courbure) cette mesure n'a pas de sens du fait de leur croissance totalement excentrée. De plus, la croissance des arbres est plus vigoureuse durant les premières années de vie ce qui donne en règle générale des largeurs très larges pour les premiers cernes. Nous écartons aussi ces cas en ne retenant que les charbons présentant des courbures faibles (charbons en provenance de troncs de fort calibre et donc relativement âgés). L'observation de la largeur des cernes d'accroissement renseigne notamment sur l'état du peuplement végétal au sein duquel le bois a été récolté. En forêt dense, l'intensité d'assimilation et de transpiration des individus est telle que les arbres connaissent une pousse lente et régulière (cernes étroits). En revanche, un milieu plus ouvert est riche en bois à croissance rapide (cernes larges).

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

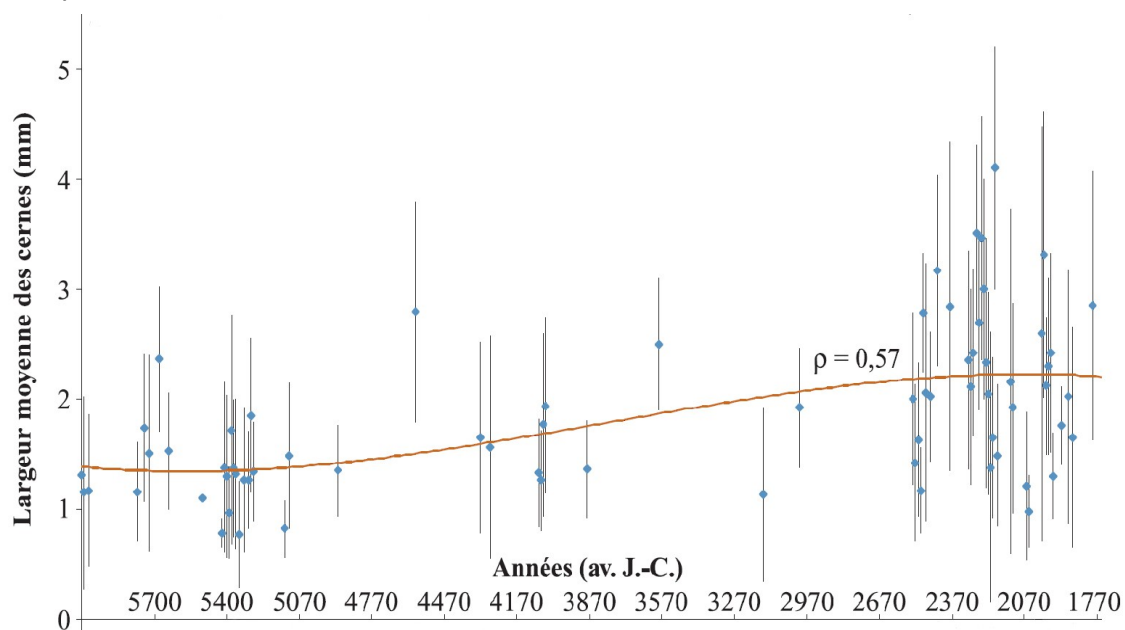


Fig. 13 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie et al., 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 13). On constate des valeurs comprises entre 1 et 2 mm au cours du Néolithique puis une augmentation régulière de ces valeurs au moins jusqu'au début de l'Antiquité. Cette évolution est principalement interprétée par l'effet de l'ouverture du paysage. Les boisements fermés du Néolithique se concrétisent par des croissances difficiles (moyennes des largeurs de cerne comprises entre 1 et 2 mm) et vont progressivement céder la place à des boisements plus clairs et des formations de types lisières, haies, plus favorables à la croissance des arbres (moyennes comprises entre 4 mm et 1 mm). On note toutefois une hétérogénéité des valeurs durant l'Age du fer indiquant probablement la coexistence de milieux plus ouverts mais aussi de milieux fermés.

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

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

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

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

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 14). Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera la provenance d'au moins une pièce de bois de gros calibre : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

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

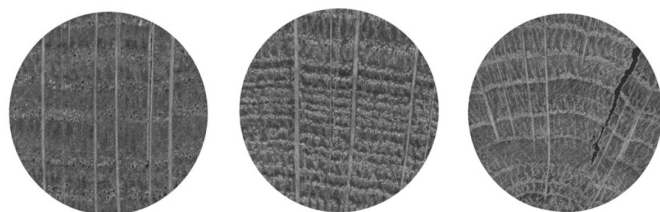


Fig. 14 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).



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

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

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

Selon N. Marcoux (2009), la capture est à effectuer sur la partie la plus externe du charbon de façon à estimer au mieux son calibre. Deux droites correspondant à des rayons ligneux sont dessinées : d1 et d2 (Fig. 15). 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. 15).

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

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

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

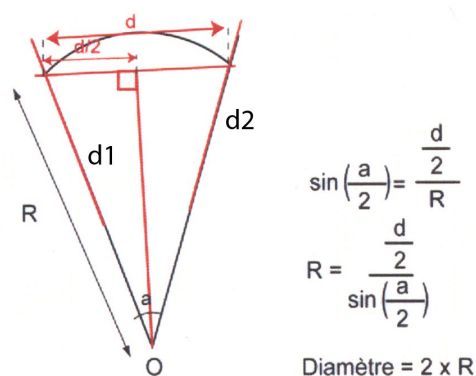


Fig. 15 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

Par la suite, c'est la fréquence des effectifs des rayons obtenus qui va permettre d'estimer le rayon des arbres utilisés. En toute logique, les charbons les plus à l'extérieur (et donc avec les plus fortes positions radiales calculées) sont aussi les plus nombreux. (Cf. Fig. 16, principe des histogrammes de fréquences, selon Dufraisse *et al.*, 2011). Le rayon de l'arbre pourra ainsi être estimé en prenant la classe de diamètre maximale.

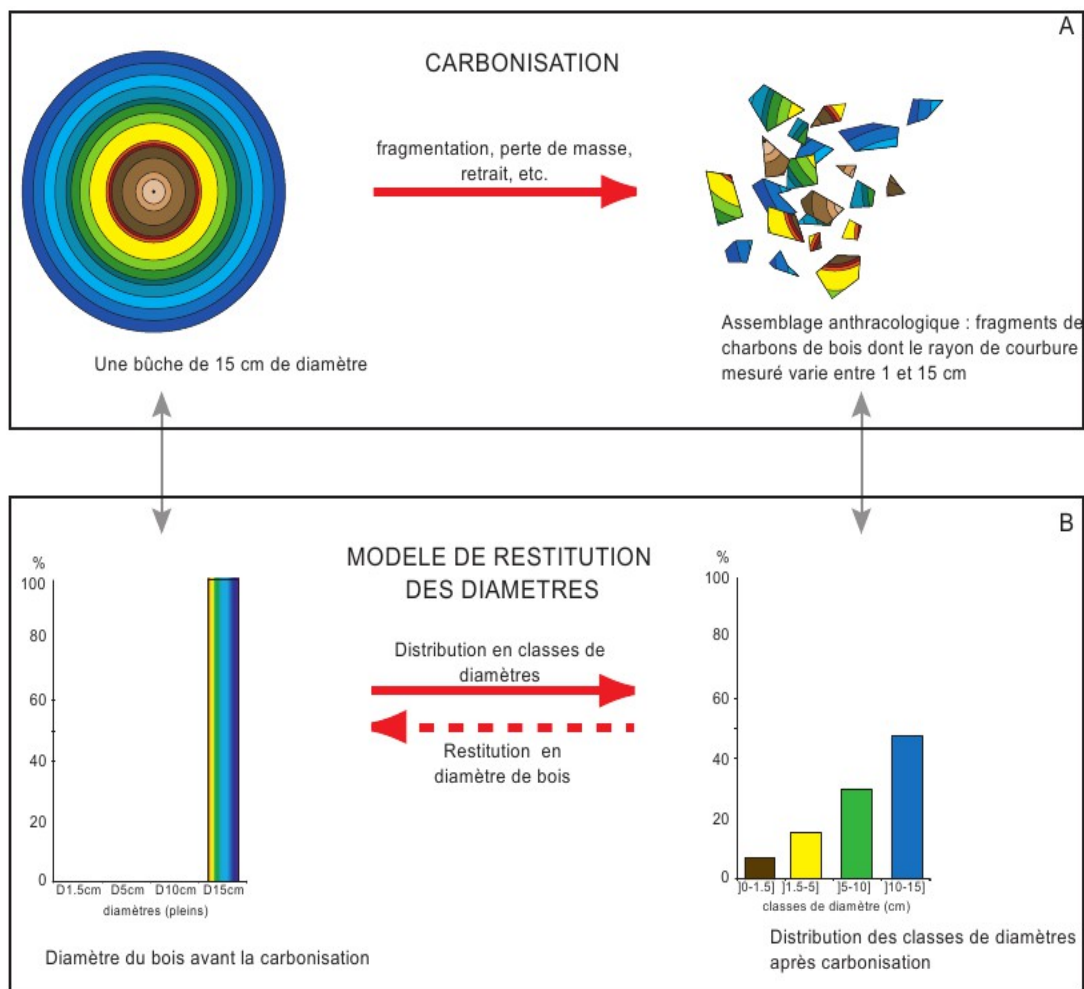


Fig. 16 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

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

L'étude des 21 prélèvements a permis de déterminer **treize** taxons anthracologiques. On constate respectivement **dix taxons pour les prélèvements du site du Prutot** (Fabacée type genêt, hêtre, Prunoïdées, chêne, chêne-châtaignier, bouleau, frêne, Pomoïdées, érable, noisetier) et **onze taxons pour le site de la Verrière** (Fabacée type genêt, houx, Prunoïdées, chêne, chêne-châtaignier, saule, saule-peuplier, frêne, Pomoïdées, érable, noisetier).

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

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

**Le chêne** (*Quercus sp.*) à feuilles caduques correspond indifféremment, dans le domaine géographique considéré, essentiellement au chêne pédonculé et sessile. Le chêne est surtout apprécié comme bois de charpente mais aussi comme combustible, c'est un bon charbon de bois autrefois estimé en métallurgie (Rameau *et al.*, 1989). Il donne de bonnes braises et sa combustion est excellente. C'est un bois difficile à travailler, mais solide pour les constructions.

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

### Remarque sur la détection du châtaignier :

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

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

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

**L'érable** (*Acer sp.*) et plus particulièrement l'érable champêtre dans l'aire considérée, est une essence héliophile ou de demi-ombre favorisée par les sols mésophiles et neutres à basiques. C'est un arbre que l'on retrouve plutôt sur des sols riches en bases mais aussi en azote (pH basique à neutre). Il possède une stratégie de croissance et de captation de la lumière typique d'une essence de trouée, qui le rend également apte aux systèmes bocagers. A l'état naturel on le trouve plutôt en lisière forestière ou dans des forêts ouvertes. Il s'associe bien avec la chênaie-hêtraie. C'est un bois dur et dense qui présente une forte résistance mécanique, il est utilisé pour fabriquer des manches d'outils, des établis... Essence utilisée aussi en plantation d'alignement ou en ornement. L'érable fait partie des bois « semi-lourds » (environ 500 Kg / m<sup>3</sup>), c'est donc un bois qui possède un bon pouvoir calorifique.



Fig. 17 – Représentation de l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

**Les Pomoïdeae ou Maloïdeae** (ex. aubépine, poirier, néflier, alisier) et les **Prunoïdées** dont le genre *Prunus sp.* (ex. merisier, cerisier, prunellier) sont des essences héliophiles ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les **lisières de bois**, dans des **bois clairs**, des **landes** ou en **forêts caducifoliées ouvertes**. Il n'est pas rare de les retrouver associés aux **Genistae (Fabacées)**. Les **Pomoïdées** englobent par exemple les **poiriers-pommiers** mais aussi l'**aubépine**. Les charbons du genre *Prunus sp.* peuvent aussi correspondre aux **merisiers** et aux **cerisiers**. Excepté le merisier (*Prunus avium*), ces taxons fournissent de bons combustibles.

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



Fig. 18 – Représentation du noisetier (*Corylus avellana*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

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

Quelques éléments de **frêne** (*Fraxinus sp.*) ont été identifiés. Ce genre correspond probablement au frêne commun (*Fraxinus excelsior*) dans la région considérée, même si le frêne oxyphyllé (*Fraxinus angustifolia*) n'est pas totalement à exclure. C'est un taxon mésophile à mésohygrophile que l'on trouve dans les bois frais, aux bords des eaux, sur les versants ombragés. Il est souvent associé aux forêts ripicoles, chênaies et hêtraies-chênaies. Le feuillage est un très bon fourrage pour les animaux (Rameau *et al.*, 1989). Il fait parti des bois « lourds » (570 Kg / m<sup>3</sup>), il possède donc un bon pouvoir calorifique.

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

### 3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les résultats sont présentés par période chronologique et par structure de provenance.

#### 3.1. Prélèvements en provenance du site du Prutot : structures datées du Haut-Empire

##### 3.1.1. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 1191 – US 1192 : Prélèvement n°8

###### a. Résultats

Nom Espèce	Courbure				Rythme		Combustion						Thylle	Trace de travail	Moelle
	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform.			
Fabacée type Cytisus	3	0	0	3	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
Fagus sylvatica	5	0	0	5	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0
Prunus sp.	23	0	0	21	0	0	0	20	3	0	0	0	1	1	2
Quercus sp.	4	0	4	0	2	1	0	3	1	0	0	0	2	0	0

Fig. 19 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°8.

###### b. Interprétations

Quatre taxons ont été identifiés dans ce prélèvement. Par ordre d'importance on constate des charbons de Prunoïdées (*Prunus sp.*), de hêtre (*Fagus sylvatica*), de chêne (*Quercus sp.*) et de genêt (*Fabaceae type Cytisus sp.*).

La majorité des fragments provient de bois de petit calibre (quelques mesures effectuées sur des sections entières de charbons de *Prunus sp.* et de genêt ont permis d'estimer des rayons de l'ordre de 15 mm), seuls quelques charbons de chêne pourraient correspondre à des bois de moyen calibre (grosses branches).

La plupart des charbons (plus de 90%) montre des aspects « durs-luisants » ce qui serait synonyme de conditions de combustions chaudes et réductrices (conditions fermées selon Blaizot *et al.*, 2004 ; ex. four). Toutefois le phénomène de vitrification observé pourrait aussi avoir été favorisé par le petit calibre des bois utilisés (Oilic, 2011).

L'utilisation d'un combustible constitué presque exclusivement par du bois de petit calibre génère une combustion vive mais brève si on ne l'alimente pas régulièrement avec des bois de plus gros calibre. Dans le cadre d'un foyer domestique, le bois de petit calibre est utilisé pour la phase d'allumage. On utilise ensuite des bois de plus gros calibre pour entretenir la combustion. Dans le cas ci-présent, les restes des bois ayant pu être utilisés pour l'entretien de la combustion sont représentés par quelques fragments de chêne, ce qui semble un peu juste pour un foyer domestique...

L'utilisation de bois de petit calibre est peut être un choix technique d'origine artisanale, car du bois de moyen calibre (ex. branches de chêne ou de hêtre) devait potentiellement être à disposition. Le besoin de combustions vives, se retrouve par exemple dans le cadre d'activités de « poterie ».

### 3.1.2. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 1143 – US 1144 : Prélèvement n°13

#### a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion								Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granule ux - indet.		
Fagus sylvatica	3	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
Quercus/Castanea	6	0	1	2	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	
Quercus sp.	24	0	6	7	4	2	1	8	4	0	1	1	2	6	

Fig. 20 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°13.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Intermédiaire	Régulier	4	14	1	0,19	0,81	1,23

Fig. 21 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°13.

#### b. Interprétation

Les fragments proviennent essentiellement de bois de chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*) et de hêtre (*Fagus sylvatica*). Ce sont là des essences réputées pour être d'excellents combustibles.

Au regard des courbures de cerne observées, ce sont plutôt des fragments provenant de bois de petit et moyen calibre qui ont été utilisés. On peut imaginer l'utilisation de bois de petit calibre pour la phase d'allumage, puis l'utilisation de bois de calibre intermédiaire pour l'entretien des combustions.

Une proportion assez importante des fragments (environ 50%) montre des aspects luisants, caractéristiques d'un premier niveau de vitrification. On peut évoquer des contextes chauds et anaérobies (ex. four) pour expliquer le phénomène. Le petit calibre des bois utilisés peut aussi être évoqué pour expliquer ces aspects (Oilic, 2011).

Deux des fragments de chêne et chêne-châtaignier avaient des aspects particulièrement fondus-luisants, indicateur d'un niveau de vitrification élevé et conséquence possible d'une combustion en contexte chaud et anaérobie. Le contexte de four (hypothèse de rejets liés au four FR 1145 ?) pourrait être cohérent avec ce constat.

Quelques fragments de chêne ont pu faire l'objet de mesures de cernes (Fig. 21). La moyenne obtenue (1 mm / an) indique des contextes de croissance contraignants (boisements denses, sols pauvres ?).

On constate là des similitudes avec les restes de combustibles retrouvés à l'intérieur du comblement du four FR 1145.

### 3.1.3. Prélèvements du comblement d'une structure de type four FR 1145 – US 1356 : Prélèvements n°14-1, 14-2, 14-3

#### a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle	Insecte		
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informé solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. inform.	Aspect granuleux				
PR14 – lot 1	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	52	7	31	9	36	10	9	9	5	0	0	1	0	0	1	25	0
PR14 – lot 2	Betula sp.	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Quercus/Castanea	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Quercus sp.	62	6	34	9	35	11	8	4	11	0	1	0	1	0	1	27	1
PR14 – lot 3	Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0
	Quercus sp.	53	4	24	7	24	8	2	25	6	0	0	0	0	1	19	0	

Fig. 22 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements n°14-1, n°14-2, n°14-3.

Identifiants des lots	Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
PR14 – lot 1	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	36	154	1,49	0,62	0,47	3,03
	Quercus sp.	Faible	Régulier	7	49	1,06	0,43	0,47	1,63
PR14 – lot 2	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	35	182	1,33	0,63	0,56	3,47
	Quercus sp.	Faible	Régulier	5	35	1,18	0,29	0,86	1,53
PR14 – lot 3	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	23	67	1,57	0,72	0,77	3,22
	Quercus sp.	Faible	Régulier	4	15	1,67	0,61	0,93	2,3

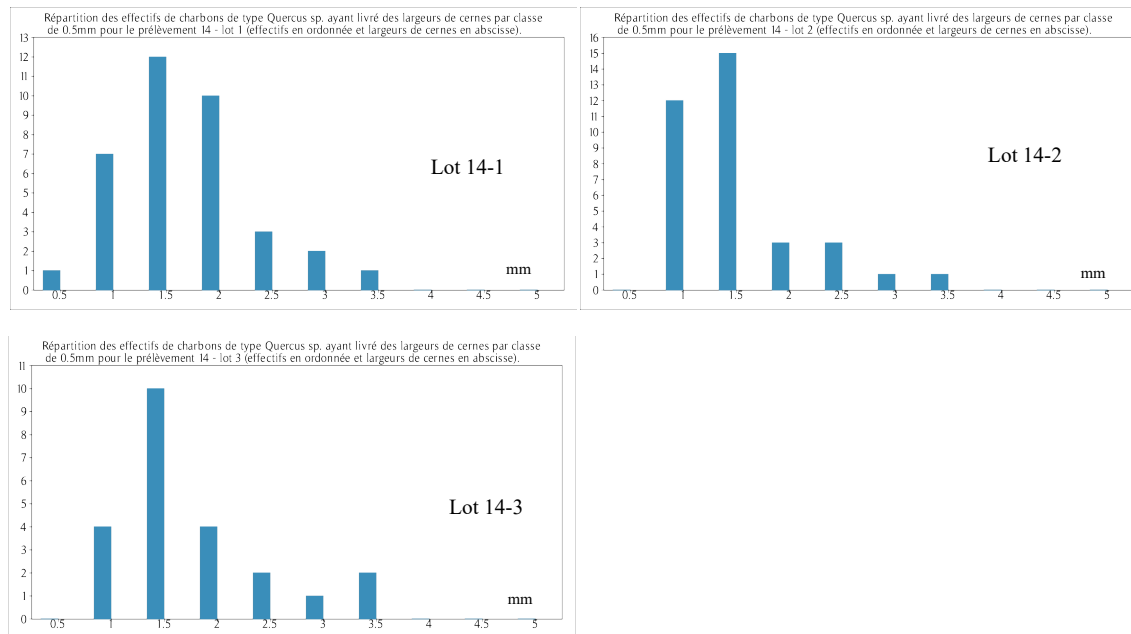


Fig. 23 – Tableaux et histogrammes des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvements n°14-1, n°14-2, n°14-3.



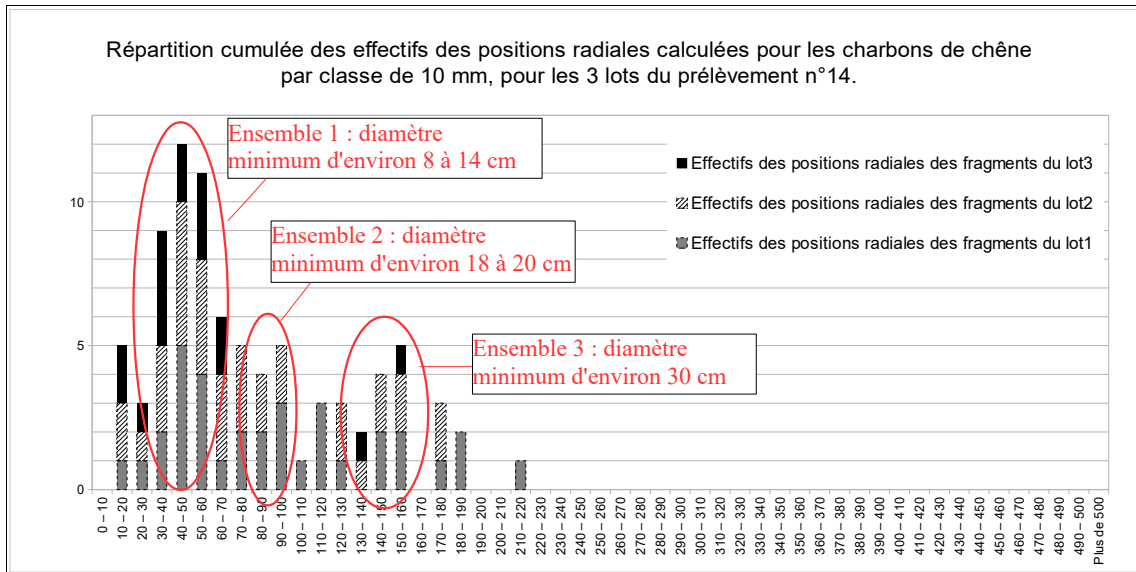


Fig. 24 - Distribution des positions radiales calculées pour 84 fragments (soient 34 fragments du lot n°1, 34 fragments du lot n°2 et 16 fragments pour le lot n°3), par classe de 10 mm. Fragments du prélèvement n°14, four FR 1145. Deux ensembles semblent se dégager : un ensemble n°1, ensemble majoritaire, correspondant à des bois de diamètre minimum de 8 à 14 cm, un ensemble n°2 correspondant à des bois de diamètre minimum compris entre 18 à 20 cm et un ensemble n°3 correspondant à des bois de diamètre minimum d'environ 30 cm.

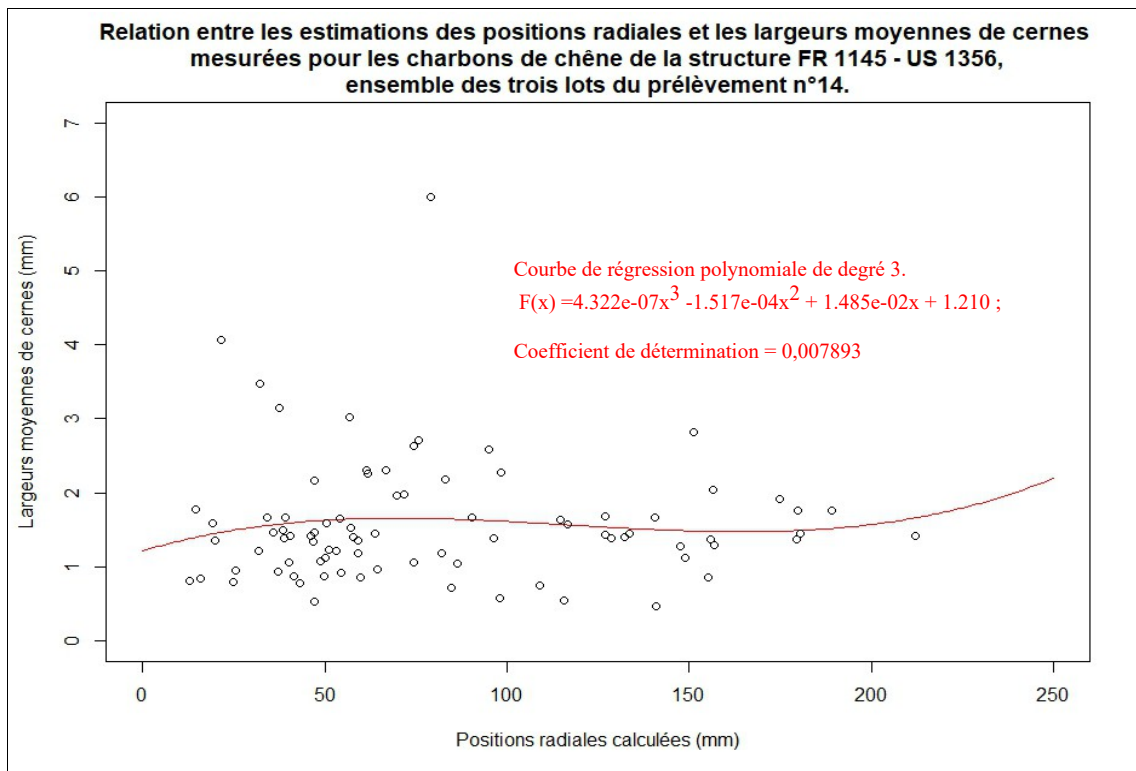


Fig. 25 - Relation entre les largeurs moyennes de cernes (mm) exprimées en fonction de la position radiale des fragments de chêne observés dans les lots du prélèvement n°14 (Structure FR 1145 - US 1356). La courbe correspond à une régression polynomiale de degré 3 représentant les grandes tendances de cette relation. Le coefficient de détermination obtenu montre une valeur quasiment nulle, indiquant une relation très faible.

## b. Interprétation

Environ 180 fragments ont été observés pour l'ensemble des trois lots provenant du prélèvement n°14 (US 1356, FR 1145). Le prélèvement était très riche en charbons puisque plusieurs litres de charbons ont été livrés. Il provient du comblement d'une structure décrite par M. Yacger comme « un petit four piriforme avec alandier ovalaire et chambre de chauffe rectiligne, uniquement creusé dans le sol. Les parois sont apparues légèrement rubéfiées, indiquant des chauffes courtes ou d'intensités modérées. La fonction de ce four reste indéterminée mais oriente vers une utilisation plutôt artisanale que domestique ».

Seulement trois taxons anthracologiques ont été identifiés dans ce prélèvement. Il s'agit essentiellement du chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaignier (*Quercus sp. - Castanea sp.*) et de rares éléments de bouleau (*Betula sp.*).

L'observation des courbures de cerne montre l'utilisation principalement de bois de moyen calibre et dans une moindre mesure de bois de gros calibre. Des mesures de calibration (cf. chapitre 2.4. ) ont permis de préciser ces estimations :

Les mesures d'angles et calculs de diamètres minimum effectués sur 84 fragments ont permis d'identifier des ensembles correspondant à des bois de 8 à 14 cm, de 18 à 20 cm et jusqu'à environ 30 cm de diamètre minimum (Fig. 24). Le premier ensemble est le mieux représenté. De façon générale, les fragments proviennent principalement de bois de 8 à 14 cm de diamètre, même si quelques bois de section plus importante ont pu être utilisés ponctuellement.

D'un point de vue technique, les quelques fragments de bouleau pourraient correspondre à des restes de bois d'allumage. En effet, le bois de bouleau est un bois tendre qui s'enflamme bien, surtout à l'état de petit bois. Il dégage beaucoup de chaleur mais dure peu. Le chêne en revanche est un bois dur, plus difficile à enflammer mais plus énergétique à la combustion. Sa combustion génère des braises qui durent plus longtemps et rayonnent davantage. Son pouvoir calorifique est le plus élevé et sa combustion excellente à condition qu'il soit bien sec. Dans le cadre de ce four, le bois de chêne a visiblement été utilisé à l'état sec car assez peu de fragments avaient des fentes de retrait (environ 20%). Ces constatations décrivent des choix de qualités de combustibles précis, ce qui serait assez cohérent avec l'hypothèse d'une activité artisanale.

Une partie non négligeable des fragments (un peu plus de 40%) montre des aspects « durs-luisants » et dans une moindre mesure « fendus-luisants ». Cela correspond à un premier niveau de vitrification, à mettre en relation avec le contexte de combustion à l'intérieur du four. Notons néanmoins que la proportion des charbons montrant un aspect luisant n'est pas très élevée par rapport à ce que nous pouvions attendre d'une combustion en contexte fermé. De plus, très peu de fragments avaient un aspect « fondu très brillant », significatif d'un second niveau de vitrification. Ces observations appuient l'hypothèse de combustions « modérées », déjà suggérées par l'observation archéologique décrivant « les parois du four légèrement rubéfiées (pas de vitrification de la silice) ».

En ce qui concerne le paysage, des irrégularités de croissance ont été observées sur quelques fragments de chêne (Fig. 26). Il pourrait s'agir des conséquences de coupes d'éclaircies réalisées sur des arbres situés dans l'aire de ramassage, par exemple dans le cadre de traitements de type « taillis-sous-futaie » ou de haies.

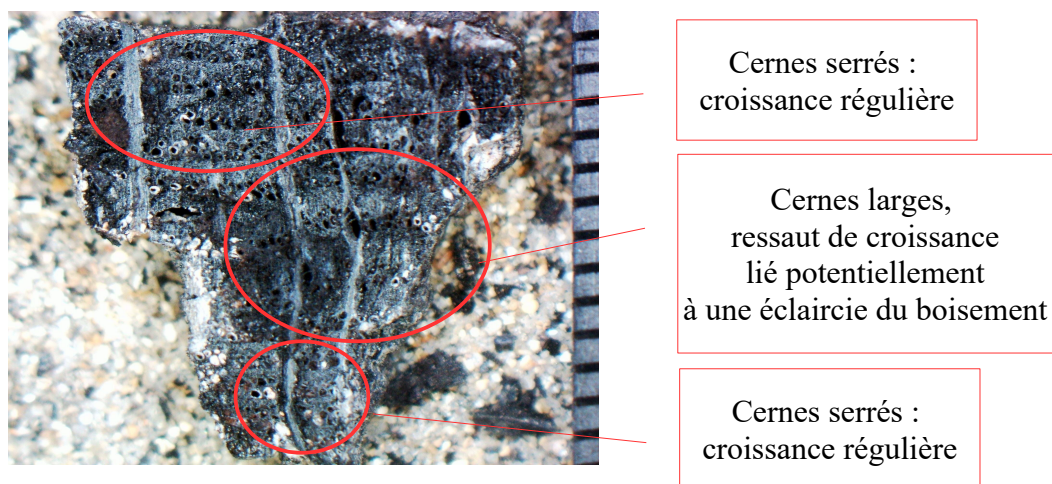


Fig. 26 - Fragment de chêne montrant des irrégularités de croissance (prélèvement n°14-2, grossissement x5). L'échelle représente des millimètres.

Notons que la mise en relation des positions radiales des fragments (indicateur de l'âge de l'arbre) avec les largeurs moyennes de cerne (Fig. 25) ne permet pas de dégager de véritable tendance (le coefficient de détermination de la courbe de régression polynomiale est nul). Si l'on compare la forme du graphique obtenu (Fig. 25) avec les courbes de dynamiques de croissances d'arbres soumis à différents modes de gestions sylvicoles (Fig. 27, selon Girardclos et Perrault, 2019), nous pouvons là aussi suggérer l'hypothèse d'arbres ayant poussé dans des boisements de type taillis-sous-futaies, voire de haies (Fig. 27).

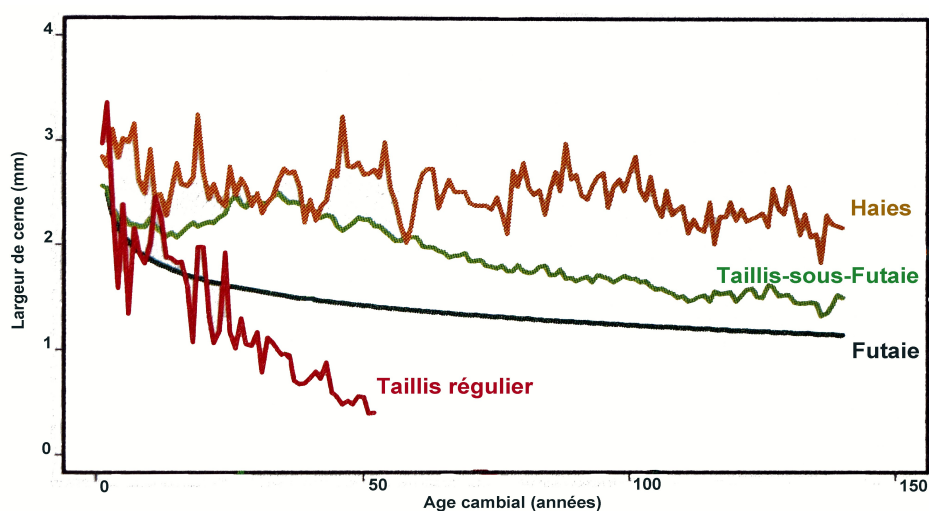


Fig. 27 - Graphique extrait de l'article d'O. Girardclos et Ch. Perrault (2019), montrant l'effet de différents modes de gestions sylvicoles sur les dynamiques de croissance des arbres. (Graphique exprimant des largeurs de cerne en fonction de l'âge des arbres). A comparer avec le graphique obtenu pour la composition anthracologique du prélèvement n°14 (Fig. 25).

Enfin, des mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur quelques fragments de chêne permettant de calculer des moyennes comprises entre 1 mm / an et 1,67 mm / an (Fig. 23). Ces valeurs sont caractéristiques de contextes de croissance difficiles, peut-être un environnement contraignant (sols pauvres, mal exposés) ou un milieu soumis à des compétitions inter- ou intraspécifiques vis-à-vis des ressources naturelles (ex. un boisement dense). Les histogrammes de répartition des valeurs sont similaires. Ils montrent tous une répartition unimodale, avec un mode situé entre 1 et 1,5 mm. Ces résultats montrent que les trois lots appartiennent probablement à un même ensemble et d'une collecte bien circonscrite.

### 3.1.4. Prélèvements du comblement de la fosse Fs 1289 : Prélèvements n°16 et n° 17

#### a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme			Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Aspect granuleux – indet.	
Fraxinus sp.	5	0	0	3	0	0	0	5	0	0	1
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Pomoidée	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0
Prunus sp.	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Quercus sp.	3	0	1	1	1	0	0	2	1	0	0

Fig. 28 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n° 16.

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme			Combustion					Moelle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informé solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform.		Aspect granuleux – indet.
Acer sp.	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corylus avellana	7	0	1	4	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1
Fraxinus sp.	18	0	3	13	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Prunus sp.	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	15	0	2	10	1	4	0	9	0	0	1	1	0	0

Fig. 29 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n° 17.

#### b. Interprétation

Les deux prélèvements proviennent du comblement de la fosse Fs 1289, localisée à proximité du four FR 1145 et de la fosse Fs 1143.

Sur les six taxons identifiés (*Quercus sp.*, *Prunus sp.*, *Fraxinus sp.*, *Pomoidée*, *Acer sp.*, *Corylus avellana*), les trois taxons principaux (*Quercus sp.*, *Prunus sp.*, *Fraxinus sp.*) sont communs aux deux prélèvements.

Compte tenu des courbures de cerne observées, ce sont plutôt des fragments provenant de bois de petit et moyen calibre qui ont été brûlés. On peut supposer l'utilisation de bois de petit calibre lors de phase d'allumage puis l'utilisation de bois de moyen calibre (courbure de cerne intermédiaire) pour l'entretien des combustions.

De plus, c'est probablement un bois sec qui a été consommé, car très peu de fentes de retrait ont été constatées.

De nouveau, une proportion assez importante de fragments (environ 55%) montre des aspects luisants, synonymes de conditions de combustions chaudes et réductrices (ex. rejet de four ?).

Il est tentant d'interpréter ces charbons comme des rejets de combustion du four FR 1145, toutefois le phénomène de vitrification observé pourrait aussi avoir été favorisé par le petit calibre des bois utilisés (Oilic, 2011) et la composition anthracologique constatée est assez différente de celle observée dans le comblement du four FR 1145.

### 3.1.5. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 1339 : Prélèvement n° 25

#### a. Résultats

Nom Espèce	Courbure				Rythme		Combustion								
	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux - indet.	Thylle	Moelle
Fagus sylvatica	4	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Fraxinus sp.	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Quercus/Castanea	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Quercus sp.	20	0	7	8	5	1	0	9	7	0	0	2	1	8	0

Fig. 30 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°25.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	4	34	0,54	0,08	0,45	0,62

Fig. 31 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°25.

#### b. Interprétation

L'analyse a permis d'identifier des charbons de chêne (*Quercus sp.*), de chêne-châtaigner (*Quercus sp. - Castanea sp.*), de hêtre (*Fagus sylvatica*) et de frêne (*Fraxinus sp.*).

Les fragments de hêtre semblent provenir de bois de petit calibre (les courbures de cerne sont fortes et des mesures d'angles sur un fragment ont permis d'estimer un rayon minimum de 20 mm). En revanche, les charbons de chêne et de frêne correspondraient à du bois de calibre un peu plus gros (calibre intermédiaire).

La détection à la fois du hêtre, chêne et frêne, trois essences au pouvoir calorifique élevé et considérées comme d'excellents combustibles est à noter. Il pourrait s'agir de choix en combustible liés à une activité artisanale.

Une part importante des fragments montre des aspects « luisants » caractéristiques d'un premier niveau de vitrification. Il pourrait donc s'agir de rejets de combustions associées à des contextes chauds et anaérobies. Les charbons sont donc peut-être issus d'une combustion en four et/ou d'une combustion sur place en milieu confiné. Notons que le fond de la fosse était légèrement rubéfié ce qui accréderait l'hypothèse d'une combustion anaérobie en fond de fosse, à moins que les charbons aient été rejetés dans la fosse encore à l'état de braises. On note aussi la présence de trois charbons d'aspect « fondu très brillant », synonymes de phénomènes de vitrification plus intenses. On peut évoquer l'existence de rejets de combustion depuis des systèmes techniques nécessitant de fortes températures, par exemple liés au travail de la métallurgie.

De plus, on observe régulièrement des fentes de retrait pour les charbons de chêne, indicateurs de bois brûlés à l'état « vert » (Fig. 32).

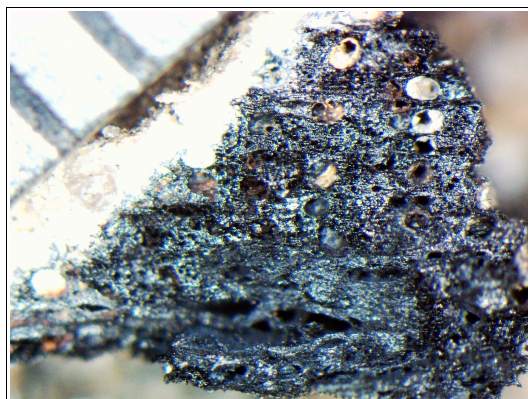


Fig. 32 - Fragment de chêne d'aspect « fendu-luisant » (prélèvement n°25, grossissement x24). L'échelle représente des millimètres.

Enfin, quelques fragments de chêne ont pu faire l'objet de mesures de cernes (Fig. 31). La moyenne obtenue (0,54 mm / an) indique des conditions de croissances très contraignantes, mais il faut considérer ce résultat avec prudence à cause du faible nombre de charbons mesurés.

## 3.2. Prélèvements en provenance du site de la Verrière : structures datées de la fin du Haut Moyen Âge et du Moyen Âge Central.

### 3.2.1. Prélèvements de la fosse Fs 2031 – US 2255 : Prélèvements n°18 et n°44

#### a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle	Insecte		
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informé solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux				
PR 18	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
	Quercus/Castanea	9	0	1	2	0	0	0	5	2	0	1	1	0	0	0	0	
	Quercus sp.	27	2	15	7	15	0	1	11	7	0	0	0	0	0	10	0	
	Salix sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
PR 44	Acer sp.	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	Quercus/Castanea	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	Quercus sp.	37	2	27	5	28	1	0	21	4	0	2	1	0	10	0		

Fig. 33 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements de la fosse Fs 2031 : Prélèvements n°18 et n°44.

Identifiants des lots	Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
PR44	Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	28	115	0,98	0,41	0,38	2,2
	Quercus sp.	Faible	Régulier	2	10	1,2	0,12	1,11	1,28
PR18	Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	15	73	1,01	0,45	0,5	2,03
	Quercus sp.	Faible	Régulier	1	5	1,11	0	1,11	1,11

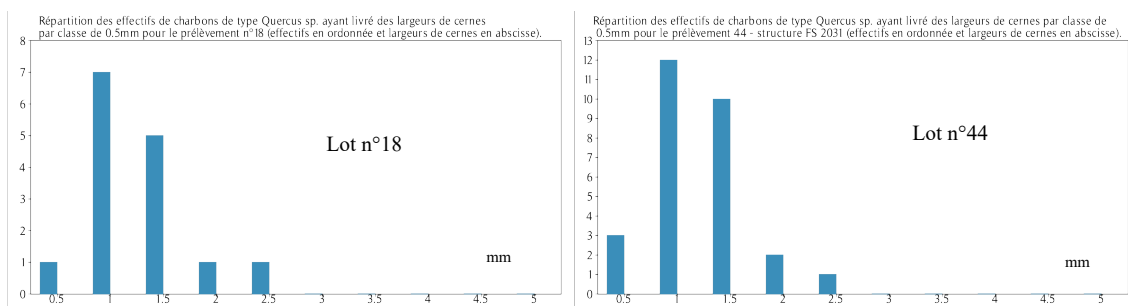


Fig. 34 – Tableaux de synthèse et histogrammes des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvements n°18 et n°44.



## b. Interprétation

Le comblement de la fosse « Fs 2031 » a fait l'objet de deux prélèvements. Un total de 82 charbons a été observé. La fouille semble indiquer qu'il s'agisse plutôt d'éléments architecturaux carbonisés (torchis et charpente de petits bâtiments).

Le chêne (*Quercus sp.*) est le taxon majoritaire (environ 90%). Quelques fragments de noisetier (*Corylus avellana*), d'érable (*Acer sp.*) et de saule (*Salix sp.*) ont aussi été identifiés (Fig. 33).

Pour ce qui concerne le chêne, il s'agit essentiellement de bois de moyen calibre. Quelques éléments semblent aussi correspondre à du bois de fort calibre (courbures de cerne faibles). Les autres essences proviennent de bois de petit calibre.

En ce qui concerne l'origine des charbons, le chêne est l'essence principale et compte tenu du calibre observé (bois de moyen, voire gros calibre), l'hypothèse de restes de bois d'œuvre est plausible. Le nombre important de fragments présentant des thylles montre l'importance des charbons provenant du bois de cœur (duramen), ce qui serait assez cohérent avec l'utilisation de bois d'œuvre. Notons cependant que très peu de traces de galeries de xylophages, souvent associées aux bois d'œuvre, ont été observées. Si l'on s'en tient à l'hypothèse de restes architecturaux et de torchis, comme semble l'appuyer la description archéologique, le bois de chêne aurait donc pu servir d'éléments structurants du bâtiment (poteaux et charpentes), les bois de plus petit calibre, plus flexibles (noisetier, saule, érable), correspondant davantage à des éléments de clayonnages.

Toutefois, si l'on s'en tient à la seule description anthracologique, il n'est pas possible de rejeter complètement l'hypothèse de restes de combustibles. En effet, l'hypothèse de rejets de combustions alliant bois de petit calibre (noisetier, saule, érable) pour la phase d'allumage et bois de plus gros calibre (chêne) pour l'entretien des combustions serait aussi envisageable.

Une part importante des fragments de chêne et chêne-châtaignier montre des aspects « luisants » (plus de 60%). Ils sont caractéristiques d'un premier niveau de vitrification typique de conditions de combustion anaérobies et de fortes températures. Dans l'hypothèse d'un incendie du bâtiment, il faut envisager des combustions anaérobies, peut-être en fond de bâtiment ou bien de bois inclus dans les parois (ex. clayonnage enrobé), ou enterrés (ex. trous de poteaux).

Des mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur une quarantaine de fragments de chêne permettant de calculer des moyennes de l'ordre de 1 à 1,2 mm / an (Fig. 34). Ces valeurs sont caractéristiques de contextes de croissance difficiles, peut-être un environnement contraignant (sols pauvres, mal exposés) ou bien soumis à des compétitions inter- ou intraspécifiques vis-à-vis des ressources naturelles (ex. une chênaie dense). Les histogrammes des valeurs de largeurs de cernes (Fig. 34) montrent des distributions très semblables avec des modes situés autour de 1 mm. Ces distributions de type unimodale indiquent que l'ensemble anthracologique est probablement issu d'une même collecte.

### 3.2.2. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 2312 – US 2313 : Prélèvement n°34

#### a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud		
Acer sp.	2	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabacée type Cytisus	5	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	1
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fraxinus sp.	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pomoidée	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Prunus sp.	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	6	0	0	5	0	0	0	2	0	0	1	1	1
Quercus sp.	19	0	9	2	7	2	0	7	1	0	1	3	0
Salix sp.	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Fig. 35 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la fosse Fs 2312 - US 2313 : Prélèvement n°34.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Intermédiaire	Régulier	7	28	1,15	0,51	0,46	1,84

Fig. 36 – Tableau synthétique des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°34.

#### b. Interprétation

Le prélèvement provient du comblement de la fosse Fs 2312, creusée dans le prolongement de la fosse Fs 2031.

Neuf taxons ont été identifiés. Par ordre d'importance on constate le chêne (*Quercus sp.*), le chêne-châtaignier (*Quercus sp.* - *Castanea sp.*), le genêt (*Fabaceae type Cytisus sp.*), l'érable (*Acer sp.*), la famille des Pomoidées et des occurrences de frêne (*Fraxinus sp.*), de Prunoïdées (*Prunus sp.*), de saule (*Salix sp.*) et de noisetier (*Corylus avellana*).

Excepté pour le chêne, les fragments de la plupart des essences proviennent de bois de petit calibre (les courbures de cerne sont fortes et des mesures effectuées sur des sections entières ont permis d'estimer des rayons de l'ordre de 5 mm pour des fragments de genêt et de Pomoidées). En revanche, les charbons de chêne, voire d'érable, semblent provenir de bois de calibre un peu plus gros (calibre intermédiaire).

De nouveau, l'hypothèse de rejets de combustion est la plus plausible. On peut suggérer l'utilisation de bois de petit calibre de diverses essences pour l'allumage, le bois chêne étant réservé pour alimenter la combustion.

La proportion des fragments d'aspects « luisants » reste non négligeable mais moins importante que pour les lots précédents (un peu moins de 50%). Le

phénomène s'explique probablement par le petit calibre des bois brûlés (Oilic 2011).

Un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué sur huit des neuf taxons identifiés dans le prélèvement. Le taxon « chêne-châtaignier » a été regroupé avec le chêne. Le principe du calcul repose sur le fait que dans les communautés végétales en équilibre, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999). Or, ce rapport d'équilibre est aussi constaté pour la composition anthracologique de ce lot. Les proportions entre essences dans les échantillons de charbons de bois sont donc probablement assez fidèles aux proportions de végétations ligneuses qui devaient exister dans l'aire de ramassage. Si l'on en croit cet indice, la composition anthracologique constatée est probablement issue de ramassages de « tout venant », peu sélectifs et généralement plutôt associés à des usages domestiques.

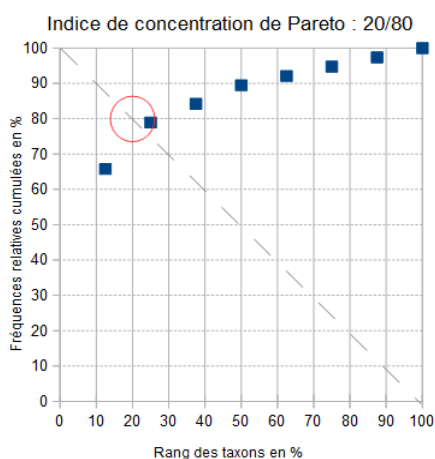


Fig. 37 – Courbe du calcul de l'indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des fragments provenant du comblement de la fosse Fs 2312.

De plus, au regard de la diversité constatée, l'aire des ramassages semble avoir touché des boisements de type chênaie (chêne, érable, châtaignier, frêne), des formations végétales ouvertes comme des lisières, haies ou fruticées (noisetier, Pomoidée, *Prunus sp.*, genêt) et probablement des boisements humides (frêne, saule).

Enfin, des mesures de largeurs de cerne effectuées sur les charbons de chêne provenant de bois de moyen calibre montrent une moyenne de l'ordre de 1,15 mm. Ces observations indiquent donc pour la chênaie, des contextes de croissances contraignants, potentiellement des boisements denses.

### 3.2.3. Prélèvement du comblement du fossé Fo 2033 – US 2315 : Prélèvement n°35

#### a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle	Moelle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux - indet.			
Fabacée type Cytisus	7	0	0	7	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1
Frag. de brindille indéterminée	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomoidée	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	4	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Quercus sp.	10	0	3	3	2	0	0	5	0	0	0	0	2	2	0	0
Salix sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 38 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du fossé Fo 2033 : Prélèvement n°35

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Intermédiaire	Régulier	2	7	1,03	0,33	0,8	1,26

Fig. 39 – Tableau synthétique des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°35.

#### b. Interprétation

Le prélèvement n°35 provient du comblement du fossé Fo 2033. Les charbons identifiés sont interprétés comme des rejets possiblement liés à ceux retrouvés dans les fosses Fs 2031 et Fs 2312.

L'analyse des charbons permet d'identifier six taxons anthracologiques. Par ordre d'importance on constate le chêne, le genêt, le chêne-châtaignier puis des occurrences de Pomoïdées, Prunoïdées (*Prunus sp.*) et saule (Fig. 38). Ces six taxons ont déjà été observés dans le prélèvement n°34 (comblement de la fosse Fs 2312) dans des proportions similaires.

L'observation des courbures de cerne montre l'utilisation de bois de moyen calibre pour le chêne et de petit calibre pour les autres essences. On peut supposer l'utilisation des bois de petit calibre lors de phases d'allumage et du chêne pour l'entretien des combustions.

Une proportion non négligeable des charbons (un peu moins de 50%) montre des aspects « luisants », caractéristiques d'un premier niveau de vitrification. Cet effet est là aussi possiblement lié au petit calibre des bois utilisés.

Quelques rares mesures de largeurs moyennes de cerne ont pu être effectuées. La moyenne obtenue est de l'ordre de 1 mm / an, indiquant un contexte de croissance difficile. Le résultat est à considérer avec précaution compte tenu du faible nombre de charbons mesurés.

De façon globale, la composition anthracologique du prélèvement n°35 montre beaucoup de similarités avec celle du prélèvement n°34. Les rejets proviennent vraisemblablement d'une même aire de ramassage et d'un même usage, probablement domestique (rejets de foyers?).

### 3.2.4. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 2036 – US 2252 : Prélèvement n°19

#### a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle	Moelle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux - indet.			
Acer sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabacée type Cytisus	3	0	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
Quercus/Castanea	5	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	28	2	21	2	21	1	0	10	4	0	0	2	0	6	0	0

Fig. 40 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la fosse Fs 2036 : Prélèvement n°19

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	2	12	0,89	0,37	0,63	1,15
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	21	90	0,95	0,48	0,34	2,56

Fig. 41 – Tableau synthétique des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°19.

#### b. Interprétation

Le prélèvement provient du comblement d'une fosse d'extraction Fs 2036. Les charbons sont décrits comme étant en position secondaire. Des éléments de terre cuite ont été retrouvés suggérant des restes de torchis.

Une quarantaine de charbons ont été analysés. Quatre taxons ont été identifiés. Par ordre d'importance on observe le chêne (*Quercus sp.*), le chêne-châtaignier (*Quercus sp. - Castanea sp.*), le genêt (*Fabaceae type Cytisus sp.*) et l'érable (*Acer sp.*).

Au regard des courbures de cerne, les éléments de chêne proviennent essentiellement de bois de moyen, voire gros calibre. Les charbons de genêt correspondent en revanche à des bois de petit calibre.

Les fentes de retrait sont rarement observées, attestant la combustion de bois sec.

La proportion de fragments d'aspect luisant est de l'ordre de 50%, montrant des conditions de combustion chaudes et anaérobies pour une partie des bois.

Nous constatons des traits assez similaires aux compositions anthracologiques des prélèvements n°18 et n°44 (comblement de la fosse Fs 2031), dans laquelle des éléments de torchis étaient aussi suggérés par la description archéologique. Nous

pouvons formuler des hypothèses d'interprétation semblables, à savoir l'utilisation de bois de chêne de moyen à gros calibre comme éléments structurants (charpentes, poteaux) et l'utilisation de bois d'érable et de genêt de petit calibre comme éléments de clayonnages. L'aspect luisant observé sur certains fragments peut là aussi être interprété comme le résultat de combustions en conditions anaérobies (éléments de clayonnages enrobés, bois d'œuvre brûlés en fond de bâtiment ou dans des parties enterrées, cf. paragraphe 3.2.1. en rapport avec les résultats des prélèvements n°18 et n°44 de la fosse Fs 2031 – US 2255).

Toutefois, notons là aussi que l'hypothèse de rejets de combustion ne peut être tout à fait rejetée au regard de la seule description anthracologique.

Des mesures de largeurs de cerne ont été réalisées sur une vingtaine de charbons de chêne de courbure faible à intermédiaire. La moyenne calculée est de l'ordre de 1 mm / an indiquant des contextes de croissance des chênes difficiles (ex. boisements denses, sols pauvres, versants mal exposés, etc...).

### 3.2.5. Prélèvement du comblement de la fosse Fs 2086 – US 2311 : Prélèvement n°33

#### a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux - indet.	
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Pomoidée	10	0	2	4	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Quercus sp.	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Salix/Populus	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Fig. 42 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la fosse Fs 2086 : Prélèvement n°33

#### b. Interprétation

Le prélèvement provient du comblement de la fosse Fs 2086. Les charbons ont été retrouvés en position secondaire associés à des blocs chauffés.

Quatre taxons anthracologiques ont été identifiés. Il s'agit par ordre d'importance de fragments de la famille des Pomoidées, de saule-peuplier (*Salix sp.* - *Populus sp.*) et de chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaignier (*Quercus sp.* - *Castanea sp.*)

La forme des courbures de cerne observée sur quelques fragments a permis de caractériser des bois de Pomoidée et de chêne de moyen à petit calibre (petites branches).

La plupart des fragments de Pomoidée et de chêne avait des aspects luisants. Cela pourrait s'expliquer par le petit calibre des bois brûlés, voire par des conditions de chauffe importantes et anaérobies (ex. four?).

Cette composition serait à rapprocher des ensembles analysés pour les prélèvements n° 34 et n°35 (présence de fragments de saule, de Pomoidée et de chêne de moyen à petit calibre, d'aspects luisants).

### 3.2.6. Prélèvement du comblement du foyer Fy 2381 – US 2382 : Prélèvement n°48

#### a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						Thylle	Insecte	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform			
Acer sp.	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Fabacée type Cytisus	5	0	0	4	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0
Pomoidée	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	6	0	1	1	1	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0
Quercus sp.	22	2	13	6	14	0	0	10	6	0	1	3	6	0	

Fig. 43 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure Fy 2381 : Prélèvement n°48

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	2	7	1,97	0,19	1,84	2,11
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	14	45	1,56	0,62	0,61	2,62

Fig. 44 – Tableau synthétique des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°48.



## **b. Interprétation**

Le prélèvement provient d'une structure identifiée au fond de la fosse Fs 2036, comblée par une couche charbonneuse. Elle est décrite de type « foyer ». Le charbon serait en position secondaire.

L'analyse a permis d'identifier six taxons : le chêne et chêne-châtaignier (*Quercus sp.*, *Quercus sp.* - *Castanea sp.*), le genêt (*Fabaceae type Cytisus scoparius*) et des occurrences d'érable (*Acer sp.*), de noisetier (*Corylus avellana*) et de Pomoïdée.

Excepté les fragments de chêne et chêne-châtaignier provenant de bois de moyen, voire gros calibre, les autres essences semblent correspondre uniquement à du bois de petit calibre.

En l'absence d'éléments d'architecture observés (restes de torchis), l'hypothèse de rejets de combustion est la plus plausible. Les bois de petit calibre (noisetier, genêt, Pomoïdée, érable) ont probablement servi de bois d'allumage, le bois de chêne, de plus gros calibre ayant permis d'alimenter les combustions.

Une forte proportion des fragments montre des aspects luisants et pour certains éléments de chêne des aspects « fondus, très brillants ». Ces derniers aspects sont caractéristiques de phénomènes de vitrification importants. Probablement liés à des conditions de réductions et de températures élevées (ex. fonds de foyer, fours, peut-être en liaison avec des activités de métallurgie ?).

Les mesures de largeurs de cerne réalisées sur une quinzaine de fragments ont permis de calculer des moyennes de croissance l'ordre de 1,5 à 2 mm / an. Les conditions de croissance des arbres peuvent être considérées comme « intermédiaires » (chênaies claires?, effets de lisière?).

### 3.2.7. Prélèvements du comblement du fossé Fo 2096 – US 2411, 2417, 2413, 2416 : Prélèvements n°57, n°58, n°59, n°60, n°61, n°62.

#### a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme			Combustion									
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux	Thylle	Moelle	Insecte	
PR 57	Acer sp.	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fabacée type Cytisus	4	0	0	4	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
	Pomoiée	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Prunus sp.	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	32	3	12	11	16	1	1	12	7	0	1	0	0	11	2	0	
PR 58	Corylus avellana	2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	
	Quercus sp.	45	7	28	6	35	3	0	8	13	0	3	0	0	24	0	1	
PR 59	Quercus sp.	50	0	33	13	28	9	4	9	18	0	0	0	0	15	1	0	
PR 60	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Fabacée type Cytisus	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Ilex aquifolium	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	5	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Quercus sp.	45	2	30	8	25	2	6	12	6	0	2	0	0	18	0	1	
PR 61	Quercus/Castanea	6	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Quercus sp.	46	14	27	4	38	6	4	10	5	0	0	0	0	18	0	0	
PR 62	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	3	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	Quercus sp.	46	1	29	13	28	5	1	15	10	0	0	0	0	15	1	0	

Fig. 45 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du fossé Fo 2096 : Prélèvements n°57, n°58, n°59, n°60, n°61, n°62.

Identifiants des lots	Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
PR 57	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	15	59	1,28	0,57	0,45	2,47
	Quercus sp.	Faible	Régulier	2	11	1,19	0,17	1,07	1,31
PR 58	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	35	193	0,97	0,34	0,25	1,82
	Quercus sp.	Faible	Régulier	7	43	1,03	0,11	0,85	1,21
PR 59	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	28	119	1,35	0,62	0,45	2,45
PR 60	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	25	119	0,91	0,44	0,35	1,84
	Quercus sp.	Faible	Régulier	2	6	1,65	0,28	1,45	1,84
PR 61	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	38	155	1,27	0,44	0,33	2,14
	Quercus sp.	Faible	Régulier	14	58	1,38	0,4	0,74	2,04
PR 62	Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	28	141	1,01	0,39	0,28	1,63
	Quercus sp.	Faible	Régulier	1	11	0,51	0	0,51	0,51

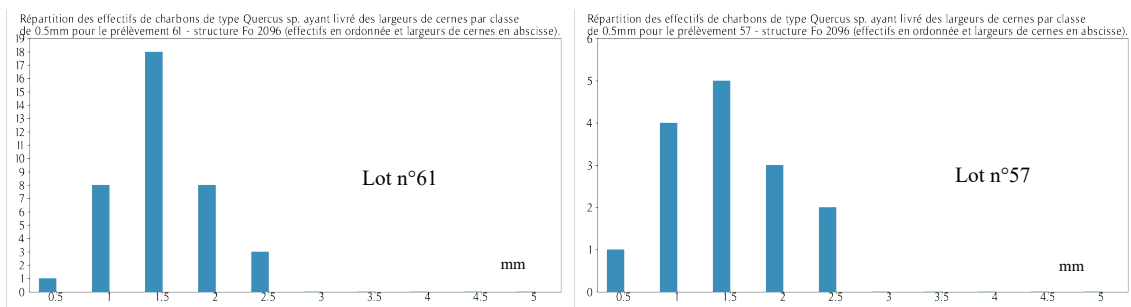


Fig. 46 – Tableau synthétique et histogrammes des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvements n°57, n°58, n°59, n°60, n°61, n°62.

## b. Interprétation

Les cinq prélèvements proviennent du comblement du fossé Fo 2096. Les charbons semblent en position secondaire. Les quantités livrées étaient très importantes (plusieurs litres de charbons pour certains prélèvements).

L'analyse des cinq prélèvements a permis de constater des compositions assez différentes.

Le chêne et le chêne-châtaignier sont les taxons dominants, ils sont systématiquement détectés. Ces essences correspondent à plus de 90% de l'ensemble des charbons observés. Les fragments correspondent à des bois de moyen à gros calibre (ex. pour le prélèvement n°58).

Plusieurs autres taxons ont été identifiés. Par ordre d'importance on constate le noisetier (*Corylus avellana*), le genêt (*Fabaceae type Cytisus*), suivi d'occurrences d'érable (*Acer sp.*), Pomoidée, Prunoidée (*Prunus sp.*) et de houx (*Ilex aquifolium*). Ces taxons correspondent à des bois de petit calibre (excepté peut-être l'érable).

Une interprétation possible de la forte proportion du chêne pourrait trouver une explication dans la combustion de bois d'œuvre (?). Soulignons d'ailleurs l'observation régulière de traces de xylophages (Fig. 45) attestant l'utilisation de bois mort, dont potentiellement du bois d'œuvre.

Comme pour les prélèvements n°18, n°44 et n°19, les autres essences de plus petit calibre auraient pu potentiellement correspondre à des restes de clayonnages. Néanmoins, l'absence d'éléments d'architecture associés à l'intérieur du comblement (ex. « restes de terre cuite, torchis ») appuie plutôt l'hypothèse de restes de combustibles. Les essences de noisetier, genêt, prunellier, notamment, ont vraisemblablement servi de bois d'allumage. L'utilisation par la suite d'anciennes pièces de bois d'œuvre de chêne pour alimenter les combustions n'est cependant pas à exclure.

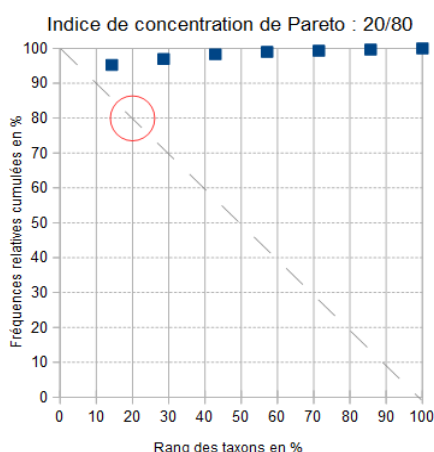


Fig. 47 - Courbe du calcul de l'indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des fragments provenant du comblement du fossé Fo 2096. Le chêne, taxon le plus représenté, correspond à plus de 95% des fragments observés.

Le calcul de la courbe de concentration de Pareto (Fig. 47) a été effectué sur sept des huit taxons identifiés pour les six prélèvements. Le taxon « chêne-châtaignier » a été regroupé avec le chêne. Le graphique montre que les proportions des essences observées à l'intérieur des lots ne correspondent pas à ce que l'on observe dans la nature (dans les communautés végétales en équilibre, 20% des taxons

correspondent à environ 80% de la biomasse selon Chabal *et al.*, 1999). Ce déséquilibre est lié à la sur-représentation du chêne probablement en liaison avec des choix d'ordre « technique ». Rappelons en effet que le chêne est réputé par son excellente combustibilité (bois dur doté d'un pouvoir calorifique élevé). Il correspond donc à un combustible de premier choix, notamment à l'état sec (seulement 25 % des fragments montrent des fentes de retrait).

Compte tenu de la forte proportion du chêne par rapport à la proportion du bois d'allumage, il faut envisager des phases d'entretien des combustions avec d'importants approvisionnements ou s'inscrivant dans des longues durées.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, nous constatons une part assez importante de charbons luisants (environ 45%) ce qui pourrait caractériser là aussi un premier niveau de vitrification en liaison avec des contextes chauds et anaérobies (ex. fonds de foyers, fours ?).

L'ensemble de ces faits tendraient plutôt à caractériser les restes en combustible d'une activité artisanale. Toutefois, nous n'avons pas constaté de charbons montrant des aspects « scoriacées » ou « fondus » qui auraient été caractéristiques de combustions liées aux activités de métallurgie.

En ce qui concerne le paléopaysage, nous avons pu observer sur quelques fragments de chêne des irrégularités de croissance. Elles pourraient être en liaison avec des « modes de gestion forestières » de type taillis-sous-futaie (Fig. 48)

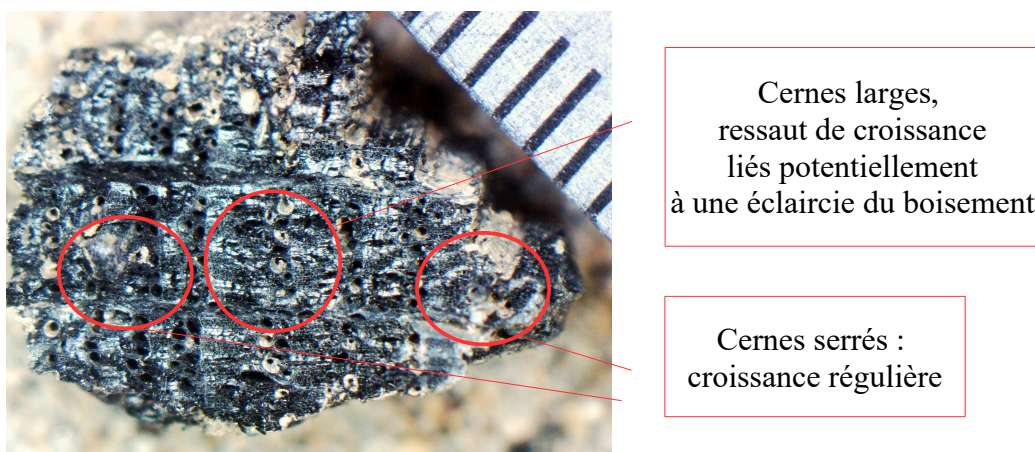


Fig. 48 - Fragment de chêne montrant des irrégularités de croissance (prélèvement n°61, grossissement x7). L'échelle représente des millimètres.

Enfin, des mesures de largeurs de cernes ont pu être menées sur de nombreux fragments de chêne de courbures faibles à intermédiaires (plus de 150 charbons au total, Fig. 46). Les moyennes obtenues vont essentiellement de 1 à 1,5 mm / an, ce qui correspond à des contextes de croissance difficiles (ex. chênaie dense et/ou sols pauvres ou mal exposés). Les distributions des valeurs de largeurs de cernes montrent des histogrammes semblables avec des modes situés entre 1 et 1,5 mm. Ces résultats montrent que les différents lots anthracologiques sont issus d'une même source de ramassage.

## 4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Plus de 880 fragments ont été observés pour l'ensemble des deux sites (Fig. 1 et 2).

### Tableaux récapitulatifs :

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p><b>Site du Prutot :</b></p> <p><b>Fosse Fs 1191 (US 1192)</b></p> <p><b>Prélèvement n°8</b></p>	<p>Prunoidées (<i>Prunus sp.</i>), hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>), chêne (<i>Quercus sp.</i>), genêt (<i>Fabaceae type Cytisus sp.</i>)</p>	<p><b>Rejets charbonneux d'origine artisanale (ex. type four de potier ?)</b></p> <p>La majorité des fragments provient de bois de petit calibre, seuls quelques charbons de chêne pourraient correspondre à des bois de moyen calibre.</p> <p>La plupart des charbons (plus de 90%) montre des aspects « dur-luisants », synonyme de conditions de combustions chaudes et réductrices. Toutefois le phénomène de vitrification observé pourrait aussi avoir été favorisé par le petit calibre des bois utilisés.</p> <p>L'utilisation d'un combustible constitué presque exclusivement par du bois de petit calibre <u>génère une combustion vive mais brève</u> si on ne l'alimente pas régulièrement. L'utilisation de ce type de combustible est peut être un <u>choix technique d'origine artisanale</u>, car du bois de moyen calibre devait potentiellement être à disposition. Le besoin de combustions vives, se retrouve par exemple dans le cadre d'activités de poterie.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie – hêtraie :</b> <i>Quercus sp.</i>, <i>Fagus sylvatica</i></p> <p><b>Boisement clair, lisière, haie :</b> <i>Prunus sp.</i>, <i>Fabaceae type Cytisus</i></p>
<p><b>Site du Prutot :</b></p> <p><b>Fosse Fs 1143 (US 1144)</b></p> <p><b>Prélèvement n°13</b></p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne/châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>)</p>	<p><b>Rejets de combustion d'un four (?)</b></p> <p>Ce sont plutôt des fragments provenant de bois de petit et moyen calibre qui ont été utilisés. On peut imaginer l'utilisation de bois de petit calibre pour la phase d'allumage, puis l'utilisation de bois de calibre intermédiaire pour l'entretien d'une combustion.</p> <p>Une proportion assez importante des fragments (environ 50%) montre des aspects luisants, caractéristiques d'un premier niveau de vitrification. On peut évoquer des contextes chauds et anaérobies (ex. four) pour expliquer le phénomène. Le petit calibre des bois utilisés peut aussi être évoqué pour expliquer ces aspects.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie - hêtraie</b></p> <p><i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>, <i>Fagus sylvatica</i></p> <p><b>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</b></p> <p>PLV n°13 : Moy. = 1 mm (N=4 ; Ec-type = 0,19 mm)</p> <p>Contexte de croissance contraignant (sols pauvres ou boisements denses).</p>

<p><b>Site du Prutot :</b></p> <p><b>Fosse FR 1145 (US 1356)</b></p> <p><b>Prélèvements n°14-1, n°14-2, n°14-3</b></p>	<p>Chêne/ châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), Bouleau (<i>Betula sp.</i>)</p>	<p><b>Rejets de combustion d'un four (?)</b></p> <p>L'observation des courbures de cerne montre l'utilisation principalement de bois de moyen calibre et dans une moindre mesure de bois de gros calibre.</p> <p>Des mesures de calibration ont permis de préciser ces estimations : Les calculs effectués sur environ 84 fragments ont permis d'identifier des ensembles correspondant à des bois de 8 à 14 cm, de 18 à 20 cm et jusqu'à environ 30 cm de diamètre minimum. Le premier ensemble est le mieux représenté. De façon générale, les fragments proviennent <u>de bois de 8 à 14 cm de diamètre, même si quelques bois de section plus importante ont pu être utilisés ponctuellement.</u></p> <p>Le bouleau a probablement été utilisé lors d'une phase d'allumage, le chêne pour l'entretien des combustions. Dans le cadre de ce four, le bois de chêne a visiblement été utilisé à l'état sec car assez peu de fragments avaient des fentes de retrait (environ 20%).</p> <p>Une partie non négligeable des fragments (un peu plus de 40%) montre des aspects « durs-luisants » et dans une moindre mesure « fendus-luisants », ce qui correspond à un premier niveau de vitrification. Ces aspects seraient cohérents avec le contexte de combustion à l'intérieur d'un four. Notons néanmoins que la proportion des charbons montrant un aspect luisant n'est pas très élevée par rapport à ce que nous pouvions attendre d'une combustion en contexte fermé. De plus, très peu de fragments avaient un aspect « fondu très brillant », significatif d'un second niveau de vitrification. Ces observations appuient <u>l'hypothèse de combustions « modérées »</u>, déjà suggérée par l'observation archéologique décrivant « les parois du four légèrement rubéfiées (pas de vitrification de la silice) ».</p> <p>Au niveau paléopaysager, des irrégularités de croissance ont été observées sur quelques fragments de chêne. Il pourrait s'agir des conséquences de coupes d'éclaircies réalisées sur des arbres environnants, par exemple dans le cadre de traitements de type « taillis-sous-futaie » ou de bois de haie. L'hypothèse de traitements de type « taillis-sous-futaie » semble être confirmée par la forme de la courbe de dynamique de croissance des arbres (Fig. 25 et courbe de dynamique des croissance des arbres soumis à différents mode de gestion sylvicole, Fig. 27).</p>	<p><b>Boisement de type chênaie</b></p> <p><i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>,</p> <p><b>Boisement clair, lisière, haie</b></p> <p><i>Betula sp.</i></p> <p><b>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</b></p> <p>PLV n°14-lots 1, 2 et 3 : Moy. De 1,06 mm à 1,67 mm</p> <p>Contexte de croissance contraignant (sols pauvres ou boisements denses).</p>
<p><b>Site du Prutot :</b></p> <p><b>Fosse Fs 1289 (US 1290 et 1357)</b></p> <p><b>Prélèvements n°16 et n°17</b></p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), Prunoidée (<i>Prunus sp.</i>), Frêne (<i>Fraxinus sp.</i>), Pomoïdeae, érable (<i>Acer sp.</i>), noisetier (<i>Corylus avellana</i>)</p>	<p><b>Rejets de combustion d'un four (?)</b></p> <p>Ce sont plutôt des fragments provenant de bois de petit et moyen calibre qui ont été brûlés. On peut supposer l'utilisation de bois de petit calibre lors de phase d'allumage puis l'utilisation de bois de moyen calibre (chêne) pour l'entretien des combustions. C'est probablement un bois sec qui a été consommé, car très peu de fentes de retrait ont été constatées.</p> <p>De nouveau, une proportion assez importante de fragments (environ 55%) montre des aspects luisants, synonymes de conditions de combustions chaudes et réductrices (ex. rejet de four ?).</p> <p>Il est tentant d'interpréter ces charbons comme des rejets de combustion du four FR 1145, toutefois le phénomène de vitrification observé pourrait aussi avoir été favorisé par le petit calibre des bois utilisés et la composition anthracologique constatée est assez différente de celle observée dans le comblement du four FR 1145.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie</b></p> <p><i>Quercus sp.</i>, <i>Acer sp.</i></p> <p><b>Boisement clair, lisière, haie</b></p> <p><i>Pomoïdeae</i>, <i>Prunoïdeae</i>, <i>Acer sp.</i>, <i>Fraxinus sp.</i>, <i>Corylus avellana</i></p>

<p><b>Site du Prutot :</b></p> <p><b>Fosse Fs 1339 (US 1364)</b></p> <p><b>Prélèvement n°25</b></p>	<p>chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaigner (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>) et frêne (<i>Fraxinus sp.</i>).</p>	<p><b>Rejets charbonneux d'origine mal définie, probablement artisanale (four?)</b></p> <p>Les fragments de hêtre semblent provenir de bois de petit calibre (les courbures de cerne sont fortes et des mesures d'angles sur un fragment ont permis d'estimer un rayon minimum de 20 mm). En revanche, les charbons de chêne et de frêne correspondraient à du bois de calibre un peu plus gros.</p> <p>La détection à la fois du hêtre, chêne et frêne, trois essences au pouvoir calorifique élevé et considérées comme d'excellents combustibles est à noter. Il pourrait s'agir de choix en combustible liés à une activité artisanale.</p> <p>Une part importante des fragments montre des aspects « luisants » caractéristiques d'un premier niveau de vitrification souvent associé à des contextes chauds et anaérobies. Les charbons sont donc peut-être issus d'une combustion en four et/ou d'une combustion sur place en milieu confiné. Notons que le fond de la fosse était légèrement rubéfié ce qui accèderait l'hypothèse d'une combustion anaérobie en fond de fosse, à moins que les charbons aient été rejetés dans la fosse encore à l'état de braises. On note aussi la présence de trois charbons d'aspect « fondu très brillant », synonymes de phénomènes de vitrification plus intenses. On peut évoquer l'existence de rejets de combustion depuis des systèmes techniques nécessitant de fortes températures, par exemple liés au travail de la métallurgie.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie – hêtraie :</b> <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>, <i>Fagus sylvatica</i>, <i>Fraxinus sp.</i></p> <p><b>Boisement clair, voire boisement humide :</b> <i>Fraxinus sp.</i></p> <p><b>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</b></p> <p>PLV n°25 : Moy. = 0,54 mm (N=4 ; Ec-type = 0,08 mm)</p> <p><i>Contexte de croissance contraignant (sols pauvres ou boisements denses).</i></p>
---	--	--	--

Fig. 49 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements associés aux structures du site du Prutot (période du Haut-Empire) .

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p><b>Site de la Verrière :</b></p> <p><b>Comblement de la fosse Fs 2031 : Us 2255</b></p> <p><b>Prélèvements n° 44 et n° 18</b></p> <p>La fouille semble indiquer qu'il s'agit plutôt d'éléments architecturaux carbonisés (torchis et charpente de petits bâtiments).</p>	<p>chêne (<i>Quercus sp.</i>), noisetier (<i>Corylus avellana</i>), érable (<i>Acer sp.</i>) saule (<i>Salix sp.</i>)</p>	<p><b>Restes d'éléments d'architecture probable (poteau, charpente, clayonnage?)</b></p> <p>En ce qui concerne l'origine des charbons, le chêne est l'essence principale et compte tenu du calibre observé (bois de moyen, voire gros calibre), l'hypothèse de restes de bois d'œuvre est plausible. Le nombre important de fragments présentant des thylls montre l'importance des charbons provenant du bois de cœur (duramen), ce qui serait assez cohérent avec l'utilisation de bois d'œuvre. Notons cependant que très peu de traces de galeries de xylophages, souvent associées aux bois d'œuvre, ont été observées. Si l'on s'en tient à l'hypothèse de restes architecturaux et de torchis, comme semble l'appuyer la description archéologique, le bois de chêne aurait donc pu servir d'éléments structurants du bâtiment (poteaux et charpentes), les bois de plus petit calibre, plus flexibles (noisetier, saule, érable), correspondant davantage à des éléments de clayonnages.</p> <p>Une part importante des fragments de chêne et chêne-châtaignier montre des aspects « luisants » (plus de 60%). Ils sont caractéristiques d'un premier niveau de vitrification typique de conditions de combustion anaérobies et de fortes températures. Dans l'hypothèse d'un incendie du bâtiment, il faut envisager des combustions anaérobies, peut-être en fond de bâtiment ou bien de bois inclus dans les parois (ex. clayonnage enrobé), ou enterrés (ex. trous de poteaux).</p>	<p><b>Boisement de type chênaie :</b> <i>Quercus sp.</i> <i>Acer sp.</i></p> <p><b>Boisement ouvert, lisière, haie :</b> <i>Acer sp.</i>, <i>Corylus avellana</i></p> <p><b>Boisement humide :</b> <i>Salix sp.</i></p> <p><b>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</b></p> <p>PLV n°44 : Moy. = 0,98 mm (N=28 ; Ec-type = 0,41 mm)</p> <p>PLV n°18 : Moy. = 1,01 mm (N=15 ; Ec-type = 0,45 mm)</p> <p><i>Contexte de croissance contraignant (sols pauvres ou boisements denses).</i></p>
<p><b>Site de la Verrière :</b></p> <p><b>Comblement de la fosse Fs 2312 : US 2313</b></p> <p><b>Prélèvement n°34</b></p>	<p>chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), genêt (<i>Fabaceae type Cytisus sp.</i>), érable (<i>Acer sp.</i>), famille des Pomoidées, frêne (<i>Fraxinus sp.</i>), Prunoïdées (<i>Prunus sp.</i>), saule (<i>Salix sp.</i>), noisetier (<i>Corylus avellana</i>).</p>	<p><b>Rejets de combustion d'origine probablement domestique (?)</b></p> <p>Excepté pour le chêne, les fragments de la plupart des essences proviennent de bois de petit calibre (les courbures de cerne sont fortes et des mesures effectuées sur des sections entières ont permis d'estimer des rayons de l'ordre de 5 mm pour des fragments de genêt et de Pomoidées). En revanche, les charbons de chêne, voire d'érable, semblent provenir de bois de calibre un peu plus gros.</p> <p>De nouveau, l'hypothèse de rejets de combustion est la plus plausible. On peut suggérer l'utilisation de bois de petit calibre de diverses essences pour l'allumage, le bois chêne étant réservé pour alimenter les combustions.</p> <p>La proportion des fragments d'aspects « luisants » reste non négligeable mais moins importante que pour les lots précédents (un peu moins de 50%). Le phénomène s'explique probablement par le petit calibre des bois brûlés.</p> <p>Un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué sur huit des neuf taxons identifiés dans le prélèvement. Le taxon « chêne-châtaignier » a été regroupé avec le chêne. Le principe du calcul repose sur le fait que dans les communautés végétales en équilibre, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse. Or, ce rapport d'équilibre est aussi constaté pour la composition anthracologique de ce lot. Les proportions entre essences dans les échantillons de charbons de bois sont donc probablement assez fidèles aux proportions de végétations ligneuses qui devaient exister dans l'aire de ramassage. Si l'on en croit cet indice, la composition anthracologique constatée est probablement issue de ramassages de « tout venant », peu sélectifs et plutôt associés à des usages domestiques.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie :</b> <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>, <i>Acer sp.</i>, <i>Fraxinus sp.</i></p> <p><b>Boisement ouvert, lisière, haie :</b> <i>Acer sp.</i>, <i>Fraxinus sp.</i>, <i>Fabaceae type Cytisus sp.</i>, <i>Pomoideae</i>, <i>Prunoideae</i>, <i>Corylus avellana</i></p> <p><b>Boisement humide :</b> <i>Salix sp.</i></p> <p><b>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</b></p> <p>PLV n°34 : Moy. = 1,15 mm (N=7 ; Ec-type = 0,51 mm)</p> <p><i>Contextes de croissance difficiles</i></p>



<p><b>Site de la Verrière :</b></p> <p><b>Comblement du fossé Fo 2033 : US 2315</b></p> <p><b>Prélèvement n° 35</b></p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>), genêt (<i>Fabaceae type Cytisus sp.</i>), chêne-châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), Pomoïdées, Prunoïdées (<i>Prunus sp.</i>) et saule (<i>Salix sp.</i>)</p>	<p><b>Rejets de combustion d'origine indéterminée, plutôt domestique (?)</b></p> <p>L'observation des courbures de cerne montre l'utilisation de bois de moyen calibre pour le chêne et de petit calibre pour les autres essences. On peut supposer l'utilisation des bois de petits calibre lors de phases d'allumage et du chêne pour l'entretien des combustions.</p> <p>Une proportion non négligeable des charbons (un peu moins de 50%) montre des aspects « luisants », caractéristiques d'un premier niveau de vitrification. Cet effet est là aussi peut-être lié au petit calibre des bois utilisés.</p> <p><u>De façon globale, la composition anthracologique du prélèvement n°35 montre beaucoup de similarités avec celle du prélèvement n°34. Les rejets proviennent vraisemblablement d'une même aire de ramassage et d'un même usage, probablement domestique (rejets de foyers?).</u></p>	<p><b>Boisement de type chênaie :</b></p> <p><i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i></p> <p><b>Boisement ouvert, lisière, haie :</b></p> <p><i>Fabaceae type Cytisus sp.</i>, <i>Pomoideae</i>, <i>Prunoideae</i></p> <p><b>Boisement humide :</b></p> <p><i>Salix sp.</i></p> <p><b>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</b></p> <p>PLV n°35 : Moy. = 1,03 mm (N=2 ; Ec-type = 0,33 mm)</p> <p>Contextes de croissance difficiles</p>
<p><b>Site de la Verrière :</b></p> <p><b>Comblement de la fosse Fs 2036 : US 2252</b></p> <p><b>Prélèvement n° 19</b></p> <p>Des éléments de terre cuite ont été retrouvés suggérant des restes de torchis.</p>	<p>chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), genêt (<i>Fabaceae type Cytisus sp.</i>), érable (<i>Acer sp.</i>)</p>	<p><b>Restes d'éléments d'architecture plausible (poteau, charpente, clayonnage?)</b></p> <p>Au regard des courbures de cerne, les éléments de chêne proviennent essentiellement de bois de moyen, voire gros calibre. Les charbons de genêt correspondent en revanche à des bois de petit calibre.</p> <p>Les fentes de retrait sont rarement observées, attestant la combustion de bois sec.</p> <p>La proportion de fragments d'aspect luisant est de l'ordre de 50%, montrant des conditions de combustion chaudes et anaérobies pour une partie des bois.</p> <p>Nous constatons des traits assez similaires aux compositions anthracologiques des prélèvements n°18 et n°44 (comblement de la fosse Fs 2031), dans laquelle des éléments de torchis étaient aussi suggérés par la description archéologique. Nous pouvons formuler des hypothèses d'interprétation semblables, à savoir l'utilisation de bois de chêne de moyen à gros calibre comme éléments structurants (charpentes, poteaux) et l'utilisation de bois d'érable et de genêt de petit calibre comme éléments de clayonnages. L'aspect luisant observé sur certains fragments peut là aussi être interprété comme le résultat de combustions en conditions anaérobies (éléments de clayonnages enrobés, bois d'œuvre brûlés en fond de bâtiment ou dans des parties enterrées).</p> <p>Toutefois, notons là aussi que l'hypothèse de rejets de combustion ne peut être tout à fait rejetée au regard de la seule description anthracologique.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie :</b></p> <p><i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>, <i>Acer sp.</i></p> <p><b>Boisement ouvert, lisière, haie :</b></p> <p><i>Fabaceae type Cytisus sp.</i></p> <p><b>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</b></p> <p>PLV n°19 : Moy. = 0,95 mm (N=21 ; Ec-type = 0,48 mm)</p> <p>Contextes de croissance difficiles</p>
<p><b>Site de la Verrière :</b></p> <p><b>Comblement de la fosse Fs 2086 : US 2311</b></p> <p><b>Prélèvement n° 33</b></p>	<p>Pomoïdées, Saule-peuplier (<i>Salix sp.</i> - <i>Populus sp.</i>), chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>)</p>	<p><b>Rejets d'origine indéterminée,</b></p> <p>La forme des courbures de cerne observée sur quelques fragments ont permis de caractériser des bois de Pomoïdée et de chêne de moyen à petit calibre.</p> <p>La plupart des fragments de Pomoïdée et de chêne avait des aspects luisants. Cela pourrait s'expliquer par le petit calibre des bois brûlés, voire par des conditions de chauffe importantes et anaérobies (ex. fonds de foyers, fours?).</p> <p>Cette composition serait à rapprocher des ensembles analysés pour les prélèvements n° 34 et n°35 (présence de fragments de saule, de Pomoïdée et de chêne de moyen à petit calibre, d'aspects luisants).</p>	<p><b>Boisement de type chênaie :</b></p> <p><i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i></p> <p><b>Boisement ouvert, lisière, haie :</b></p> <p><i>Pomoideae</i></p> <p><b>Boisement humide :</b></p> <p><i>Salix sp.</i> - <i>Populus sp.</i></p>

<p><b>Site de la Verrière :</b></p> <p><b>Comblement de la structure de type foyer Fy 2381 – US 2382</b></p> <p><b>Prélèvement n° 48</b></p>	<p>Chêne (<i>Quercus sp.</i>) chêne-châtaignier (<i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), genêt (<i>Fabaceae type Cytisus scoparius</i>), érable (<i>Acer sp.</i>), noisetier (<i>Corylus avellana</i>) et Pomoïdée</p>	<p><b>Rejets de combustion d'origine probablement artisanale (en liaison avec la métallurgie?)</b></p> <p>Excepté les fragments de chêne et chêne-châtaignier provenant de bois de moyen, voire gros calibre, les autres essences semblent correspondre uniquement à du bois de petit calibre.</p> <p>En l'absence d'éléments d'architecture observés (restes de torchis), l'hypothèse de rejets de combustion est la plus plausible. Les bois de petit calibre (noisetier, genêt, Pomoïdée, érable) ont probablement servi de bois d'allumage, le bois de chêne, de plus gros calibre ayant permis d'alimenter les combustions.</p> <p>Une forte proportion des fragments montre des aspects luisants et pour certains éléments de chêne des aspects « fondus, très brillants ». Ces derniers aspects sont caractéristiques de phénomènes de vitrification importants. Probablement liés à des conditions de réductions et de températures élevées (ex. fonds de foyer, fours, peut-être en liaison avec des activités de métallurgie ?).</p>	<p><b>Boisement de type chênaie :</b></p> <p><i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>, <i>Acer sp.</i></p> <p><b>Boisement ouvert, lisière, haie :</b></p> <p><i>Fabaceae type Cytisus sp.</i>, <i>Corylus avellana</i>, <i>Pomoïdeae</i>, <i>Acer sp.</i></p> <p><b>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</b></p> <p>PLV n°48 : Moy. = 1,56mm (N=14 ; Ec-type = 0,62 mm)</p> <p><i>Contextes de croissance intermédiaires, boisements clairs ?</i></p>
<p><b>Site de la Verrière :</b></p> <p><b>Comblement du fossé Fo 2096 : US 2411, 2417, 2413, 2416</b></p> <p><b>Prélèvements n°57, n°58, n°59, n°60, n°61, n°62</b></p>	<p>chêne et chêne-châtaignier (<i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), noisetier (<i>Corylus avellana</i>), genêt (<i>Fabaceae type Cytisus</i>), érable (<i>Acer sp.</i>), Pomoïdée, Prunoidée (<i>Prunus sp.</i>), houx (<i>Ilex aquifolium</i>)</p>	<p><b>Rejets de combustion d'origine probablement artisanale</b></p> <p>La forte proportion du chêne pourrait trouver une explication dans la combustion de bois d'œuvre (?). Soulignons d'ailleurs l'observation régulière de traces de xylophages attestant l'utilisation de bois mort, dont potentiellement du bois d'œuvre.</p> <p>Comme pour les prélèvements n°18, n°44 et n°19, les autres essences de plus petit calibre auraient pu potentiellement correspondre à des restes de clayonnages. Néanmoins, l'absence d'éléments d'architecture associés à l'intérieur du comblement (ex. « restes de terre cuite, torchis »), <u>appuie plutôt l'hypothèse de restes de combustibles</u>. Les essences de noisetier, genêt, prunellier, notamment, ont vraisemblablement servi de bois d'allumage. L'utilisation d'anciennes pièces de bois d'œuvre de chêne pour alimenter les combustions n'est cependant pas à exclure.</p> <p>Un calcul de la courbe de concentration de Pareto a été effectué. Le graphique montre que les proportions des essences observées à l'intérieur des lots ne correspondent pas à ce que l'on observe dans la nature. Ce déséquilibre est lié à la sur-représentation du chêne probablement en liaison avec des choix d'ordre « technique ». Rappelons en effet que le chêne est réputé par son excellente combustibilité (bois dur doté d'un pouvoir calorifique élevé). Il correspond donc à un combustible de premier choix, notamment à l'état sec.</p> <p>En ce qui concerne l'aspect des charbons, nous constatons une part assez importante de charbons luisants (environ 45%) ce qui pourrait caractériser là aussi un premier niveau de vitrification en liaison avec des contextes chauds et anaérobies (fonds de foyers, fours?).</p> <p><u>L'ensemble de ces faits tendraient plutôt à caractériser les restes de combustible d'une activité artisanale</u>. Toutefois, nous n'avons pas constaté de charbons montrant des aspects « scoriacées » ou « fondus » caractéristiques des activités de métallurgie.</p>	<p><b>Boisement de type chênaie :</b></p> <p><i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>, <i>Acer sp.</i>, <i>Ilex aquifolium</i></p> <p><b>Boisement ouvert, lisière, haie :</b></p> <p><i>Fabaceae type Cytisus sp.</i>, <i>Corylus avellana</i>, <i>Pomoïdeae</i>, <i>Prunoïdeae</i>, <i>Acer sp.</i>, <i>Ilex aquifolium</i></p> <p><b>Mesures sur fragments de chêne de faible et moyenne courbure :</b></p> <p>PLV n°57 : Moy. = 1,28mm (N=15 ; Ec-type = 0,57 mm)</p> <p>PLV n°58 : Moy. = 0,97mm (N=35 ; Ec-type = 0,34 mm)</p> <p>PLV n°59 : Moy. = 1,35mm (N=28 ; Ec-type = 0,62 mm)</p> <p>PLV n°60 : Moy. = 0,91mm (N=25 ; Ec-type = 0,44 mm)</p> <p>PLV n°61 : Moy. = 1,27mm (N=38 ; Ec-type = 0,44 mm)</p> <p>PLV n°62 : Moy. = 1,01mm (N=28 ; Ec-type = 0,39 mm)</p> <p><i>Contextes de croissance difficiles, boisements denses</i></p>

Fig. 50 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements associés aux structures du site de la Verrière (périodes du Haut Moyen Âge, Moyen Âge Central).

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

Treize taxons anthracologiques ont été identifiés dans cette étude.

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

Une part importante des essences (8/ 13) sont identifiées sur les deux occupations. On peut expliquer cela par la persistance des principales communautés végétales ligneuses entre les deux périodes, mais aussi car les charbons étudiés correspondent principalement à des restes de combustibles (exceptés peut-être quelques restes de bois d'œuvre sur le site de La Verrière). C'est donc avant tout les mêmes qualités de combustibilité qui ont été recherchées sur les deux sites : bois de Pomoïdées, Prunoïdées, noisetier, genêt comme bois d'allumage et chêne, chêne-châtaigner, érable comme bois d'entretien.

Nous notons néanmoins quelques différences :

- Pour le site du Prutot, nous avons en plus identifié l'utilisation du bouleau, probablement comme bois d'allumage et l'utilisation du hêtre plutôt comme bois d'entretien des combustions. L'identification du hêtre permet de caractériser des ramassages à l'intérieur de forêt de type chênaie-hêtraie.

- Pour le site de La Verrière, nous constatons en revanche l'utilisation d'essences de boisements de zones humides telles que le saule et le saule-peuplier. Ces essences ont pu être utilisées comme bois d'allumage, mais peut-être aussi pour la confection de clayonnages (torchis?, ex. Fs 2031 : Us 2255). L'étendue de l'aire de ramassage de l'occupation de La Verrière englobe donc en plus une zone humide. Le houx a aussi été identifié exclusivement sur ce site. C'est une essence forestière et de haie.

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

- les groupements forestiers de la **chênaie diversifiée** avec le chêne (*Quercus sp.*), le chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*), l'érable (*Acer sp.*), le houx (*Ilex aquifolium*) et de la **chênaie-hêtraie** avec le chêne (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), voire l'érable (*Acer sp.*) et le frêne (*Fraxinus excelsior*). La chênaie-hêtraie n'est clairement identifiée que pour la période du Haut-empire (site du Prutot). Notons que le groupement de la chênaie-hêtraie correspond au groupement forestier caractéristique de la période climatique du Subatlantique, largement détecté par la palynologie et majoritaire dans le nord-ouest de la France (Gaudin, 2004).

Remarque : Alors que le hêtre n'est détecté que sur le site du Prutot (Haut-empire), l'érable est davantage identifié sur le site de La Verrière (Moyen Âge). On peut avancer une première interprétation en évoquant l'hypothèse d'un remplacement du hêtre par l'érable dans le paysage forestier au cours du Moyen Âge (les deux essences ont des niches écologiques assez proches). Mais il pourrait tout autant s'agir de choix ou d'aires de ramassage différents entre les deux sites.

- **les lisières forestières, haies, associations héliophiles de sous-bois** : avec la détection des Pomoïdées (*Pomoïdeae*), des Prunoïdées (*Prunus sp.*), du noisetier (*Corylus avellana*), du bouleau (*Betula sp.*), du genêt (*Fabaceae*)

type *Cytisus sp.*) et voire du frêne (*Fraxinus excelsior*), de l'érable (*Acer sp.*). Ces essences attestent l'existence d'espaces ouverts ou clairsemés dans l'aire de ramassage.

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

- **les boisements hygrophiles** sont perçus avec le saule (*Salix sp.*), le saule-peuplier (*Salix sp. - Populus sp.*) et potentiellement aussi le frêne (*Fraxinus excelsior*). Ces boisements pourraient provenir d'une zone humide, de bords de cours d'eau ou depuis une zone alluviale situés dans l'aire de ramassage du site de La Verrière.

Des mesures de largeurs de cernes réalisées sur les fragments de chêne de gros et moyen calibre ont permis de calculer des moyennes de l'ordre de 1 mm / an à 1,5 mm / an sur les deux sites. Ces valeurs correspondent à des croissances difficiles, en liaison avec des contextes abiotiques (ex. sols pauvres, météorologie,...) et/ou biotiques contraignants (compétition vis-à-vis des ressources, ex. chênaie dense).

Seule la moyenne du prélèvement n°48 (site de La Verrière, structure Fy 2381 – US 2382) indiquerait un contexte de croissance un peu plus favorable.

La régularité des moyennes de largeurs de cernes entre les deux sites montre aussi une stabilité des structures forestières explorées durant le Haut-Empire puis au cours du Moyen-Age. Nous ne percevons à priori pas d'ouverture du paysage, mais cette perception ne concerne que les groupements forestiers et peut-être que les aires de ramassage des deux sites ont été différentes.

Enfin, quelques observations directes effectuées sur des charbons de chêne (ex. prélèvement n°14, site du Prutot et prélèvement n°61, site de La Verrière) ont permis d'identifier des irrégularités de croissance (Fig. 27 et Fig. 48). Certes, ces perturbations peuvent être le fait d'aléas climatiques, mais peut-être aussi de coupes réalisées sur les arbres lors de traitements de type taillis-sous-futaie (Fig. 51).

Les calculs des positions radiales effectués sur les fragments de chêne du prélèvement n°14, ont aussi permis d'établir un graphique permettant d'estimer la dynamique de croissance des arbres (Fig. 25). Ce modèle de croissance « s'approcherait » là aussi de celui constaté par les dendrochronologues pour les arbres vivant dans des boisements de type « taillis-sous-futaie » (cf. Fig. 27, extrait de l'article d' O. Girardclos et Ch. Perrault (2019)).

Ce mode de gestion sylvicole fait intervenir des coupes régulières d'arbres et de branches (cépées) tout en maintenant quelques arbres en place (baliveaux et arbres de réserve : ex. chêne) (Fig. 52). Cette hypothèse trouve aussi quelques crédits dans le mode de prélèvement constaté (en grande partie des rameaux ou des branches) mais aussi dans la composition des bois prélevés (chêne, frêne, noisetier, châtaignier, bouleau, Pomoïdées (ex. alisier), Prunoïdées (ex. merisier)). Car ce sont là des essences qui « rejettent » bien de souche et qui seraient adaptées à ce type de gestion sylvicole.

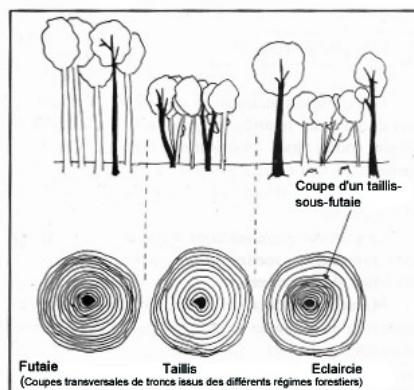


Fig. 51 – Schéma des trois régimes forestiers : futaie, taillis, taillis-sous-futaie.

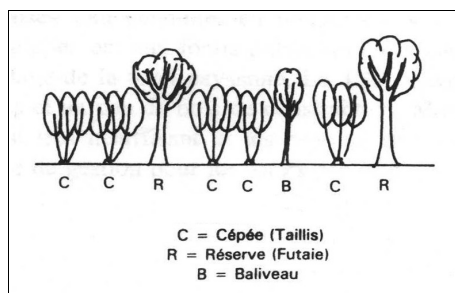


Fig. 52 - Illustration du mode de gestion sylvicole de type « taillis-sous-futaie ».

- **Informations d'ordre technique :**

Plusieurs ensembles peuvent être discernés en fonction de l'origine des structures archéologiques, des compositions anthracologiques constatées et de la période considérée :

- Pour la période du Haut-Empire (Site du Prutot):

Les ensembles anthracologiques sont marqués par des aspects « luisants ». Le phénomène à l'origine de ces aspects n'est pas encore parfaitement compris. Il semble néanmoins que des contextes de combustion anaérobies et de hautes températures soient favorables au processus de « vitrification » (exemple : bas fourneaux, fours, pratiques de charbonnage selon Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011).

De façon générale, ce sont des traits qui caractérisent plutôt des combustions « d'origines artisanales ». Notons toutefois que la combustion de bois de « petit calibre », ce qui correspond à une bonne part des fragments, serait aussi un facteur favorisant cet aspect.

Dans le cadre de cette étude, au regard des contextes archéologiques, des hypothèses de rejets de combustion de fours sont plausibles. Cette hypothèse est renforcée par la présence de la structure FR 1145, décrite comme « un petit four piriforme avec alandier et chambre de chauffe ». Les charbons des prélèvements n°14 (US 1356, comblement du four FR 1145), n°13 (comblement Fs 1143), voire n°16, n°17 (complements de la structure Fs 1289) semblent en relation directe avec le fonctionnement de ce four.

L'analyse de calibration des fragments de chêne du prélèvement n°14 (US 1356 – four FR 1145) a permis de montrer l'utilisation prédominante de bois de diamètre minimum de 8 à 14 cm avec aussi quelques bois de plus gros calibre (jusqu'à 30 cm de diamètre).

L'analyse du prélèvement n°8 (US 1192 – fosse Fs 1191) a révélé des charbons provenant presque exclusivement de bois de petit calibre, d'aspect luisant. Ce type de combustible génère des combustions vives mais brèves. Il pourrait s'agir des restes d'une activité nécessitant ce type de montée en températures, par exemple une activité de poterie.

L'utilisation systématique du chêne et régulièrement du hêtre et frêne, trois essences réputées comme étant d'excellents combustibles est à noter.

Le chêne et dans une moindre mesure le frêne et l'érable ont été utilisés sous la forme de bois de moyen calibre probablement pour alimenter les combustions. Des fragments de Pomoidées, Prunoidées, noisetier, genêt, bouleau, hêtre observés souvent sous la forme de bois de petit calibre ont à priori permis de « lancer » les combustions.

- Pour les périodes du Haut Moyen Âge et Moyen Âge Central (site de La Verrière):

Les prélèvements proviennent de comblements de fosses et fossés. Seul le prélèvement n° 48 proviendrait d'une structure interprétée comme les restes d'un foyer (Fy 2381) identifié au fond de la fosse Fs 2036.

Pour la plupart des prélèvements, l'analyse de la diversité des essences, les observations de courbures des cernes et d'aspects ont permis d'avancer des hypothèses quant à l'origine des combustions (Fig. 50). La construction des graphiques de « concentrations de Pareto » permet notamment de distinguer les compositions anthracologiques issus de ramassages de « tout venant » (plutôt d'origines domestiques, ex. prélèvement n° 34, Fig. 37), des compositions issues de sélections de bois (ex. prélèvements n°48 et n°57 à n°62) caractérisant plutôt « des activités artisanales ».

Pour certains prélèvements (n°44, n°18 : Fs 2031 et n°19 : Fs 2036), les descriptions archéologiques semblent indiquer qu'il s'agisse plutôt « de rejets d'éléments architecturaux ». Après analyse anthracologique, ces hypothèses restent plausibles puisque des fragments de chêne provenant de pièces de moyen à gros calibre ont été observés. Les compositions anthracologiques sont complétées par d'autres essences (noisetier, saule, érable, genêt) provenant de bois de plus petits calibres et qui pourraient correspondre à des restes de clayonnages.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

## 6. ANNEXE – Photographies



Fig. 53 – Fragment de chêne (*Quercus sp.*) de courbure de cerne forte et d'aspect fendu-luisant. Prélèvement n°48 (comblement Fy 2381). Coupe transversale. Grossissement x10. L'échelle représente des millimètres.

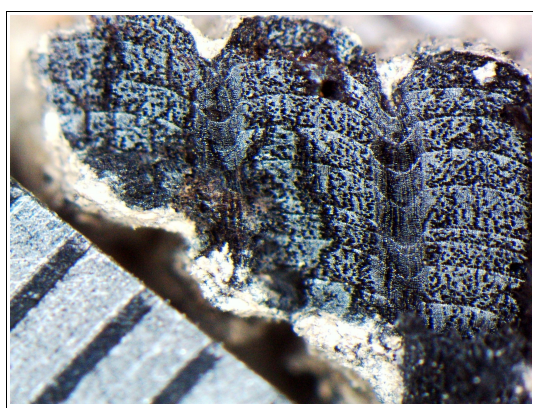


Fig. 54 – Fragment noisetier (*Corylus avellana*) de courbure de cerne intermédiaire. Coupe transversale. Prélèvement n°18 (comblement de la fosse Fs 2031). Grossissement x19. L'échelle représente des millimètres.

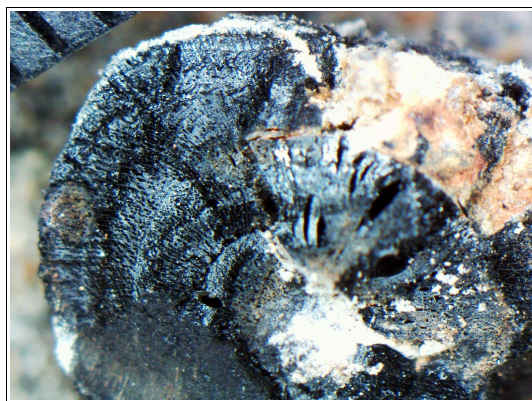


Fig. 55 – Fragment de Prunus sp. de courbure de cerne forte et d'aspect dur luisant. Coupe transversale. Prélèvement n°8 (comblement de la fosse Fs 1191). Grossissement x11. L'échelle représente des millimètres.

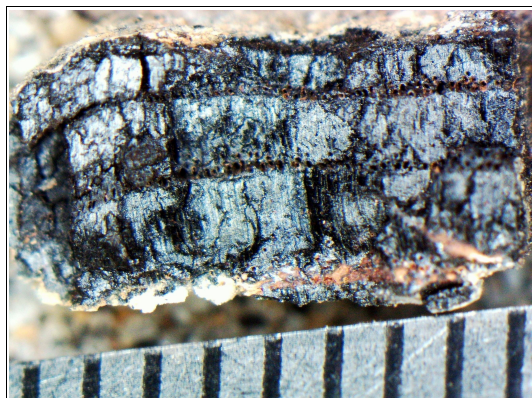


Fig. 56 - Fragment de frêne (*Fraxinus sp.*). Coupe transversale. Prélèvement n°25 (Fosse Fs 1339). Grossissement x12. L'échelle représente des millimètres.

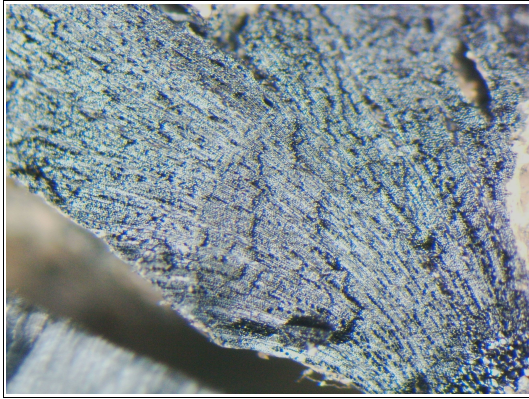


Fig. 57 - Fragment de houx (*Ilex aquifolium*). Coupe transversale. Prélèvement n°60 (Fosse F0 2096). Grossissement x40. L'échelle représente des millimètres.

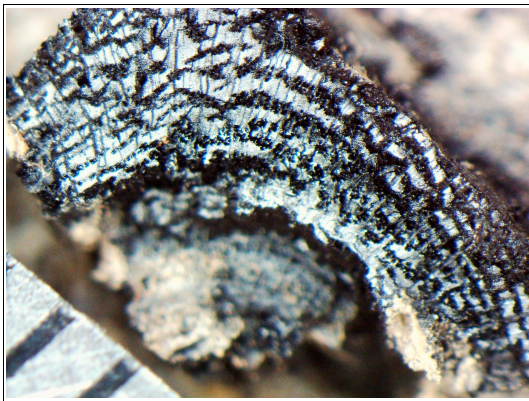


Fig. 58 - Fragment du type genêt (Fabaceae type Cytisus) de forte courbure de cerne. Coupe transversale. Prélèvement n°60 (Fosse F0 2096). Grossissement x18. L'échelle représente des millimètres.

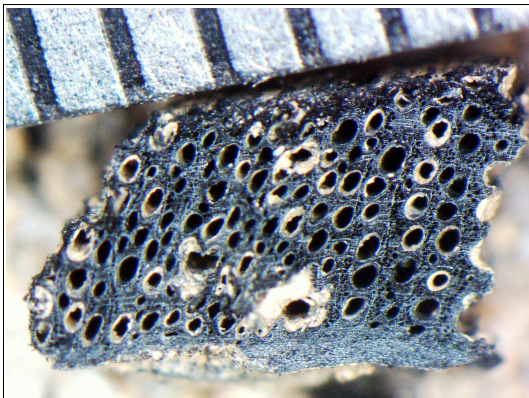


Fig. 59 - Fragment de chêne (*Quercus* sp.) de courbure de cerne intermédiaire, avec de nombreux cernes serrés. Coupe transversale. Prélèvement n°58 (Fosse F0 2096). Grossissement x20. L'échelle représente des millimètres.





## Détails des mesures (largeurs de cernes, angles de rayons et distances extérieures entre rayons) sur fragments de chêne du lot 14-3

Code Espèce	Nb.cernes	Largeur tot	d1	ang1	d2	a2	d3	a3	d4	a4	d5	a5	R1	R2	R3	R4	R5	Rmov
Quercus sp.	8	11.62	3.731	2.385	5.41	1.537	5.893	2.039	6.061	2.44	3.73	3.137	89.6377307234	201.6782443343	165.6016902544	142.3344109024	68.1351461027	133.4774444635
Quercus sp.	1	4.07	3.628	9.239	1.83	4.232	1.663	5.622					22.5234837903	24.7814543806	16.9550189279	#DIV/0 !	#DIV/0 !	21.4198956996
Quercus sp.	1	2.82	4.644	2.289	6.3	1.936							116.2513306493	186.4569128956	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	151.3541217725
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	1	3.22											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	5	9.69											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	1	3.14	1.605	3.101	1.28	0.339	1.067	2.247	3.776	4.13	2.966	5.617	29.6584814579			52.3960553333	30.2665753847	37.4403707253
Quercus sp.	2	2.69	1.269	1.89	1.077	0.776							38.47117676157	79.5206522839	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	58.9962094998
Quercus sp.	2	2.83	1.823	4.595	2.371	1.893	5.39	1.975	2.274	5.095	1.691	3.976		71.7667576058		25.5806753565	24.372888748	40.5734405124
Quercus sp.	4	6.37	3.32	3.74	3.735	5.037	3.503	3.483					50.8705249873	42.4992386213	57.6336557163	#DIV/0 !	#DIV/0 !	50.3344731083
Quercus sp.	4	7.84	2.566	2.104									69.8808133108	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	69.8808133108
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	2	4.02											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	4	4.28											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	3	3.03											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	3	3.16											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	5	4.16	1.372	4.885	2.712	11.977	2.292	5.319	0.945	5.789			16.0969547577	12.9973638956	24.6980813991	9.3569789592	#DIV/0 !	15.7873446594
Quercus sp.	3	4.66											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	3	4.13	2.29	3.183	2.521	3.978							41.2265015039	36.3176660687	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	38.7721237863
Quercus sp.	3	4.4	1.96	2.521	2.792	2.04	2.09	2.578	2.125	2.533				46.4529492947	48.0708437002	#DIV/0 !	#DIV/0 !	47.2523964626
Indéterminé	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Indéterminé	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus/Castanea	3	2.78	1.108	1.624	1.408	2.46	2.913	4.192					39.0922714552	32.7962099273	39.8234345833	#DIV/0 !	#DIV/0 !	37.2373023219
Quercus/Castanea	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus/Castanea	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	2	2.1											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	4	3.28	1.61	0.381	1.597	1.606	1.597	1.068					#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	3	3.62	1.805	3.263									31.6987003277	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	31.6987003277
Quercus sp.	2	8.09											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Indéterminé	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	2	2.41	2.363	2.726	2.189	2.222							49.6708354944	56.4483894198	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	53.0596124571
Quercus sp.	2	1.53											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	1	1.36	1.457	4.221									19.7817654008	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	19.7817654008
Quercus sp.	0	0											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !
Quercus sp.	2	4.6	2.165	1.504	2.063	2.313							82.4793378383	51.1064504279	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	66.7928941331
Quercus sp.	4	3.32											#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !	#DIV/0 !