



ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSE DES FRAGMENTS CHARBONNEUX
PRÉLEVÉS LORS DE L'OPÉRATION
AP 167 (COLLÈGE),
LE NEUBOURG (27)**



Mission archéologique départementale de l'Eure

Rapport d'étude anthracologique

Juin 2019

Mission archéologique départementale de l'Eure

**8 rue des thermes
27930 LE VIEIL-EVREUX**

Opérations archéologiques AP 167 (Collège), commune Le Neubourg (27)

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

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

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Juin 2019

Illustration de la page de couverture :

Fragment de brindille de Fabaceae type Cytisus (Genêt), présentant des traces de galeries (xylophages?)

Prélèvement 27 – US 253 – Structure FR 163, tamisage avec une maille de 1,6mm, grossissement x20.

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

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. ORIGINE DES PRELEVEMENTS, OBJECTIFS D'ETUDE.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	9
2.1. Équipement d'observation.....	9
2.2. Méthodologie.....	10
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	13
2.4. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	14
3. RESULTATS D'ANALYSES ET INTERPRÉTATIONS.....	16
3.1. Prélèvements provenant des structures protohistoriques.....	16
3.1.1. Résultats.....	16
3.1.2. Interprétation	20
3.2. Prélèvements provenant de la structure FR 216, attribuée à la période antique...24	
3.2.1. Résultats	24
3.2.2. Interprétation	25
3.3. Prélèvements provenant des structures FR 163 et FR 179, attribuées à la période mérovingienne.....	26
3.3.1. Résultats	26
3.3.2. Interprétation	28
4. SYNTHESE.....	33
5. BIBLIOGRAPHIE	39
6. ANNEXE.....	41

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats de l'analyse anthracologique de treize prélèvements réalisés lors de l'opération archéologique AP167 près du collège sur la commune Le Neubourg (27). Les charbons ont été prélevés à l'intérieur de différentes structures attribuées aux périodes protohistoriques, antiques et mérovingiennes.

L'opération archéologique a été réalisée par la Mission archéologique départementale de l'Eure sous la direction de M. WECH. L'étude a été commandée par M. WECH, responsable d'opération, avec l'accord de son directeur M. VIAND.

1. ORIGINE DES PRELEVEMENTS, OBJECTIFS D'ETUDE

Les restes anthracologiques proviennent de treize prélèvements réalisés à l'intérieur des comblements de trois types de structures :

- Des « fours » protohistoriques : structures FR 80, FR 81, FR 119, FR 180 (cf. Fig. 42 et 43)
- Des « fours » mérovingiens (?) : structures FR 163, FR 179 (Fig. 43)
- Un « four » antique (?) : structure FR 216 (Fig. 42).

Structures	Description
Structure FR 80	Four protohistorique Datation C14 entre 345 et 50 BC Structure fossoyée de forme quadrangulaire aux angles arrondis d'environ 1,4 x 0,8 m Profondeur conservée 0,25 m / fond plat Rubéfaction dans le fond et sur les parois
Structure FR 81	Four protohistorique Datation C14 entre 198 et 47 BC Structure fossoyée de forme quadrangulaire d'environ 2 x 1,3 m Profondeur conservée inférieure à 0,2 m / fond plat Rubéfaction localisée dans le fond et sur les parois
Structure FR 119	Four protohistorique Datation C14 entre 156 et 52 BC Structure fossoyée de forme grossièrement quadrangulaire aux angles arrondis Dimensions environ 2,2 x 1,7 m Profondeur conservée inférieure à 0,2 m / fond plat Rubéfaction dans le fond et sur les parois
Structure FR 180	Four protohistorique Datation C14 entre 191 et 3 BC Structure fossoyée de forme quadrangulaire aux angles arrondis Dimensions environ 1,7 x 1,1 m Profondeur conservée d'environ 0,3 m / fond plat Rubéfaction dans le fond et sur les parois
Structure FR 216	Four antique ? Pas de datation plus précise à ce stade Structure fossoyée de forme circulaire d'environ 0,9 m de diamètre Profondeur conservée inférieure à 0,15 m / fond plat Rubéfaction dans le fond et sur les parois Structure située sur le bord d'une mare, et partiellement recouverte par les sédiments de cette dernière
Structure FR 163	Four mérovingien ? Datation C14 entre 648 et 766 AD Chambre de chauffe creusée dans le substrat, sans doute dans la paroi d'un fossé, mais recoupée par le creusement de ce même fossé, donc partiellement détruite / plan a priori circulaire (diamètre environ 1 m) Rubéfaction dans le fond et sur les parois Les prélèvements ont été réalisés dans des niveaux postérieurs à la démolition du four, mais qui semblent indéniablement lui être liés
Structure FR 179	Four mérovingien ? Datation C14 entre 608 et 688 AD Chambre de chauffe creusée dans le substrat, dans la paroi d'un fossé / plan en "coquille St-Jacques" large de 1,2 m et profond de 1 m Rubéfaction dans le fond et sur les parois Les prélèvements ont été réalisés dans la fosse de travail, et dans les derniers niveaux de fonctionnement du four

Fig. 1 – Descriptifs archéologiques des sept structures

Les prélèvements ainsi qu'une brève description des US de provenance sont listés dans le tableau suivant (Fig. 2).

L'ensemble des lots a été observé. 516 charbons ont été étudiés.

Numéro de prélèvement	US	Structure	Période estimée	Commentaires	Effectifs étudiés
PR 5	60	FR 80	Protohistoire		25
PR 4	57	FR 81			110
PR 6	100	FR 119			120
PR 30	208	FR 180		Sud et centre	22
PR 31				Nord	15
PR 59	319	FR 216	Antiquité		5
PR 67	321				10
PR 25	256	FR 163	Époque mérovingienne	Sondage sud	20
PR 26					33
PR 27	253			50	
PR 29		31			
PR 32	238	FR 179		moitié nord	50
PR 33				moitié nord	25
					516

Fig.2 – Tableau synthétique des prélèvements étudiés, comptages anthracologiques.

Remarque :

Le tamisage a été effectué par le Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Oise (CRAVO). Ce tamisage a été réalisé par flottation. Des mailles de 1,6 mm et de 0,5 mm ont été utilisées, en vue notamment de réaliser des études carpologiques. Les treize prélèvements ont donc été sous-échantillonnés en lots de fragments supérieurs à 1,6 mm et entre 1,6 et 0,5 mm. Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes concentrés sur les lots issus des refus de tamis supérieurs à 1,6 mm, lots qui paraissaient les plus prometteurs en termes d'informations anthracologiques.

Afin d'avoir une idée de la représentativité de la diversité taxonomique à l'intérieur des échantillons étudiés, il est courant de calculer des courbes « effort-rendement » (Chabal, 1997 et Chabal *et al.*, 1999). Le principe de cette courbe repose sur la mise en perspective du rang 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 s'est révélée peu pertinente pour les échantillons provenant de ce site car seulement sept taxons au maximum ont pu être détectés par prélèvement (ex. lot n°27, fragments supérieurs à 1,6 mm). Pour les prélèvements n°27 et n°32, lots parmi les plus diversifiés, les courbes « d'effort-rendement » montrent des seuils de l'ordre de 20 à 40 charbons (Figures 3 et 4). Ce seuil a été atteint pour les prélèvements qui présentaient suffisamment de charbons.

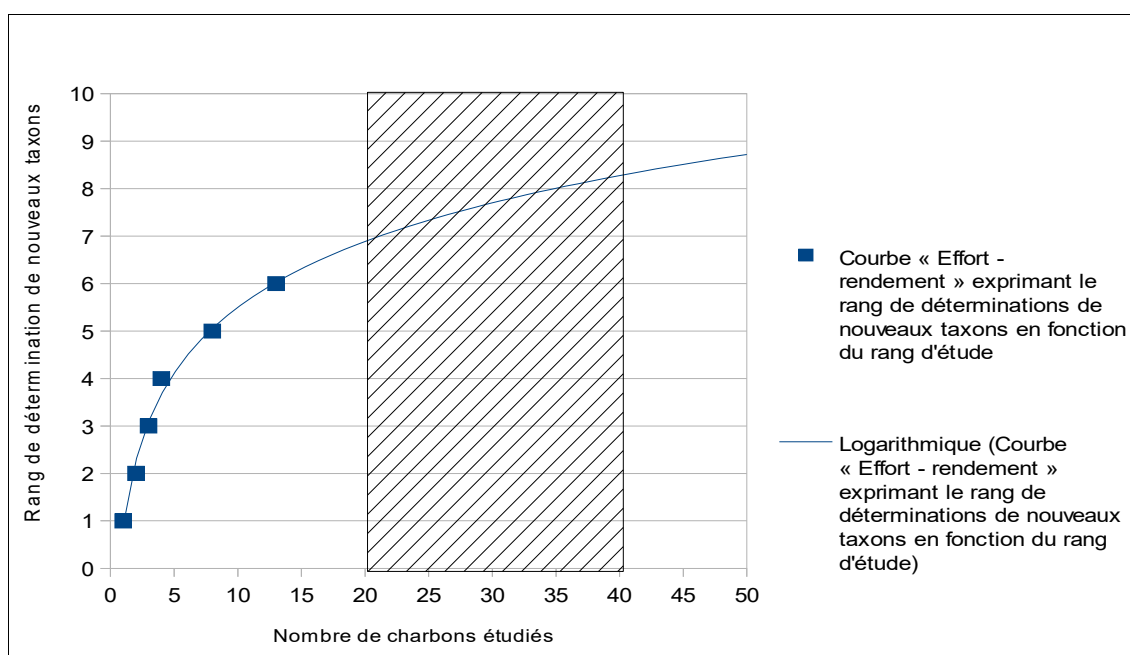


Fig.3 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°32 (fragments supérieurs à 1,6 mm). Dans cet exemple, le sixième taxon (*Prunus sp.*) a été observé au rang 13 et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 20 et 40 charbons.

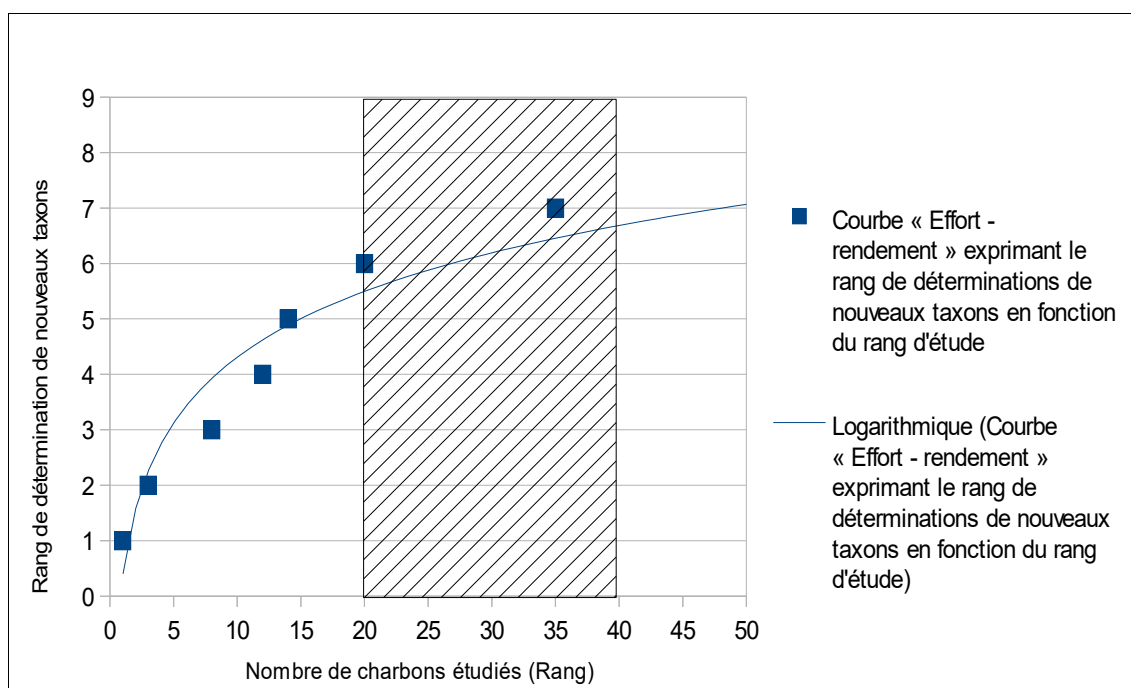


Fig.4 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°27 (fragments supérieurs à 1,6 mm). Dans cet exemple, le septième taxon (*Carpinus sp.*) a été observé au rang 35 et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 20 et 40 charbons.

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

En fonction de l'enveloppe allouée pour cette étude, nous avons choisi d'étudier les lots de façon la plus exhaustive possible en répartissant l'effort de l'étude sur l'ensemble des seize lots. Ainsi nous avons fait en sorte que le nombre de charbons étudiés tienne aussi compte du nombre de fragments présents dans chacun des lots (Fig. 2). C'est pourquoi, l'analyse des prélèvements n°4 et 6 (fragments supérieurs à 1,6 mm) a été portée jusqu'à plus de 100 charbons alors que d'autres lots, moins riches, n'ont parfois fait l'objet que de quelques observations.

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

2.1. Équipement d'observation

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



Figure 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 tangentiel.

Sur les charbons de bois, des cassures fraîches sont faites à la main et au scalpel. Celles-ci sont directement observées sous microscope optique à réflexion, voire au microscope électronique. Cette technique d'observation présente l'énorme avantage de ne pas "polluer" l'échantillon par une imprégnation en résine de synthèse et le laisse donc tout à fait susceptible d'être daté par radioc carbone 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 présent chez le chêne) qui n'est pas toujours visible sur les petits fragments.

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

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

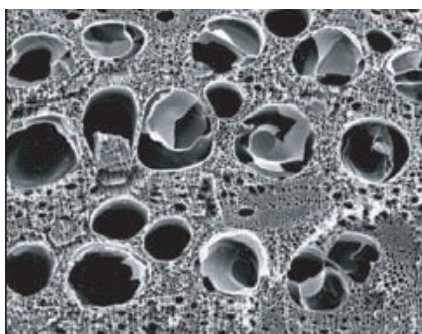
- **l'allure des limites de cernes** de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques), pour connaître la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- **le rythme de croissance**

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

- la présence de thylles

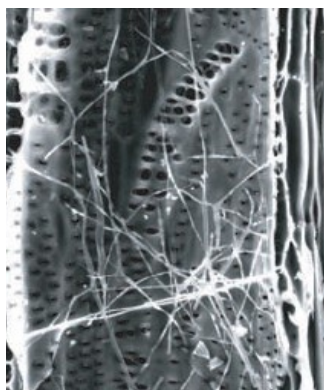
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne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



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

Fig. 6 – Thylles dans du duramen carbonisé de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

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



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

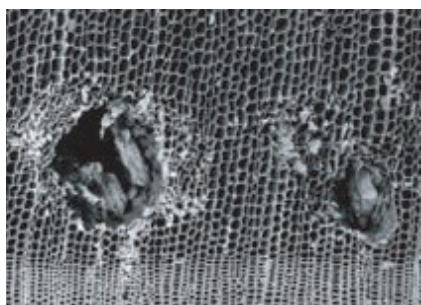
Fig. 7 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

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

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

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

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

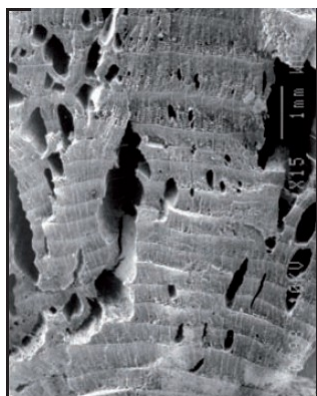


La présence de tels tunnels est plutôt un indicateur de bois morts, mais il existe parfois des bois vivants dont l'aubier peut être logiquement attaqué (Marguerie *et al.*, 2010).

Fig. 8 – Galerie d'insectes xylophages dans un charbon de pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) (Marguerie *et al.*, 2010).

- **la largeur moyenne des cernes** figurés sur le charbon pour apprécier les caractères biotopiques, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)

- **la présence de fentes radiales, de retrait et vitrification.**



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

Selon Marguerie *et al.* (2010), la fréquence des fentes radiales de retrait dépend de l'anatomie du bois (densité et largeur des rayons), de la partie de la tige (duramen ou aubier), du taux d'humidité du bois (fentes liées à l'évacuation de l'eau liée) et de la température de carbonisation (Théry-Parisot, 2001). Selon Prior et Alvin (1986), la carbonisation du bois saturé d'eau favorise une augmentation substantielle du nombre de fentes de retrait.

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

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des petites pièces de bois. Selon Marguerie *et al.* (2010), elle est la conséquence de conditions spécifiques de combustion ou de taphonomie, voire d'un état particulier du bois avant le passage au feu. De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaérobies" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer ce phénomène de vitrification selon Blaizot *et al.* (2004) ou J.-C. Oilic (2011).

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

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

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

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

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

2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

- Observations de caractères dendrologiques :

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

- Mesures des largeurs moyennes de cernes ou croissance radiale :

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

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

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

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

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

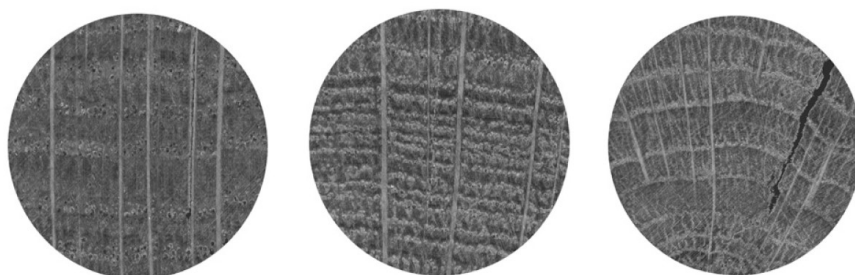


Fig.10 – Les trois catégories des courbures de cernes annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

L'étude des treize prélèvements a permis de déterminer neuf taxons anthracologiques. De façon générale cinq taxons se dégagent, il s'agit du chêne (*Quercus sp.*), du hêtre (*Fagus sp.*), des Prunoïdées (*Prunus sp.*), des Pomoïdées et du genêt (*Cytisus sp.*).

L'autoécologie des taxons identifiés permet d'apporter quelques éléments d'interprétation sur les paysages (Rameau *et al.*, 1989) :

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

Le chêne (*Quercus sp.*) à feuilles caduques correspond indifféremment, dans le domaine géographique considéré, essentiellement 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. C'est un bois difficile à travailler, mais solide pour les constructions.

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

Remarque sur la détection du châtaignier :

La présence du châtaignier (*Castanea sp.*) reste hypothétique car 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.*).

Les **Pomoïdées** (ex. aubépine, poirier, néflier) et les **Prunoïdées** dont le genre ***Prunus sp.*** (ex. merisier, cerisiers, prunelliers) 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 des les retrouver associés aux **Genistées** (ex. genêts). 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**. Ils ont pu être favorisés par les activités humaines pour leurs fruits (ex. cerises, prunelles). Si le bois de cerisier (ex. *Prunus mahaleb*) constitue un bon combustible, le bois de merisier (*Prunus avium*) est en revanche assez médiocre.

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

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

Le **noisetier** (*Corylus sp.*) est une essence héliophile ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les **lisières de forêts caducifoliées**, dans des bois clairs, dans des **landes** ou **friches**. Il s'adapte à tous les substrats, tant d'un point de vue hydrique qu'en terme de pH. Aussi, on le trouve potentiellement dans la plupart des écosystèmes, même s'il reste avant tout un arbre pionnier par excellence. Le noisetier est un bon combustible (flamme longue, claire, sans fumée), il dégage beaucoup de chaleur et une combustion rapide. C'est un excellent bois d'allumage, surtout sous la forme de brindilles.

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...). Il a pu être associé au noisetier.

Le **saule** (*Salix sp.*) est une essence vivant dans des contextes humides tels que les bordures de rivières, les berges des lacs et zones alluviales. C'est un bois utilisé en vannerie et offrant des propriétés médicinales. En revanche il constitue un bois de feu assez médiocre, charbon léger (Rameau et al., 1989). C'est une essence à forte croissance pouvant assurer un bon allumage du feu, mais sa combustion est très rapide.

3. RESULTATS D'ANALYSES ET INTERPRÉTATIONS

Tenant compte des constations et interprétations fournies (cf. Fig. 2), les résultats sont présentés par période, structure et prélèvement. A savoir, tout d'abord les prélèvements des structures protohistoriques (FR 80, FR 81, FR 119 et FR 180), les prélèvements de la structure antique (FR 216) puis les prélèvements mérovingiens (FR 163 et FR 179).

3.1. Prélèvements provenant des structures protohistoriques

3.1.1. Résultats

- **Structure FR 80, US 60, prélèvement n°5**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle	Insecte
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant		
Quercus/Castanea	4	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0
Quercus sp.	21	3	7	0	6	3	0	9	7	2	1

Fig. 11 – Listes des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°5.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	2	8	1,85	1,1	1,07	2,63
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	6	14	1,69	0,64	0,96	2,63

Fig. 12 – Tableau des mesures de largeurs de cernes (en mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire et un rythme de croissance régulier. Prélèvement n°5.

- **Structure FR 81, US 57, prélèvement n°4**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistinct	Fendu / Luisant / noeud	Vitrifié - structures fondues - luisant	Thylle
Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0
Quercus/Castanea	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0
Quercus sp.	101	15	55	6	50	9	1	40	46	0	3	0	26

Fig. 13 – Listes des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°4.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	12	44	1,24	0,44	0,42	1,86
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	49	164	1,33	0,59	0,15	3,17

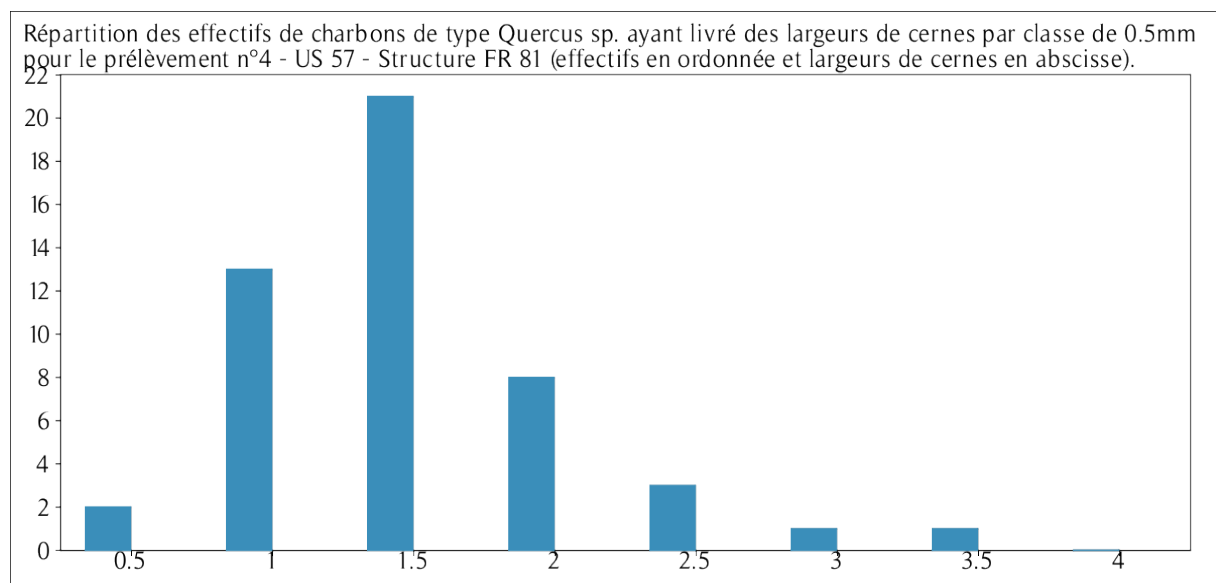


Fig. 14 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cernes (en mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire et un rythme de croissance régulier. Prélèvement n°4.

• **Structure FR 119, US 100, prélèvement n°6**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Thylle	Insecte
Indéterminé	9	0	0	0	0	0	0	1	0	1	7	0	0
Pomoidée	8	0	3	5	0	0	2	0	0	0	0	0	5
Quercus/Castanea	30	0	4	0	0	0	0	11	13	0	0	1	0
Quercus sp.	73	11	47	1	49	4	1	15	38	0	0	23	2

Fig. 15 – Listes des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°6.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	9	36	1,05	0,38	0,6	1,71
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	47	145	1,07	0,4	0,53	2,74

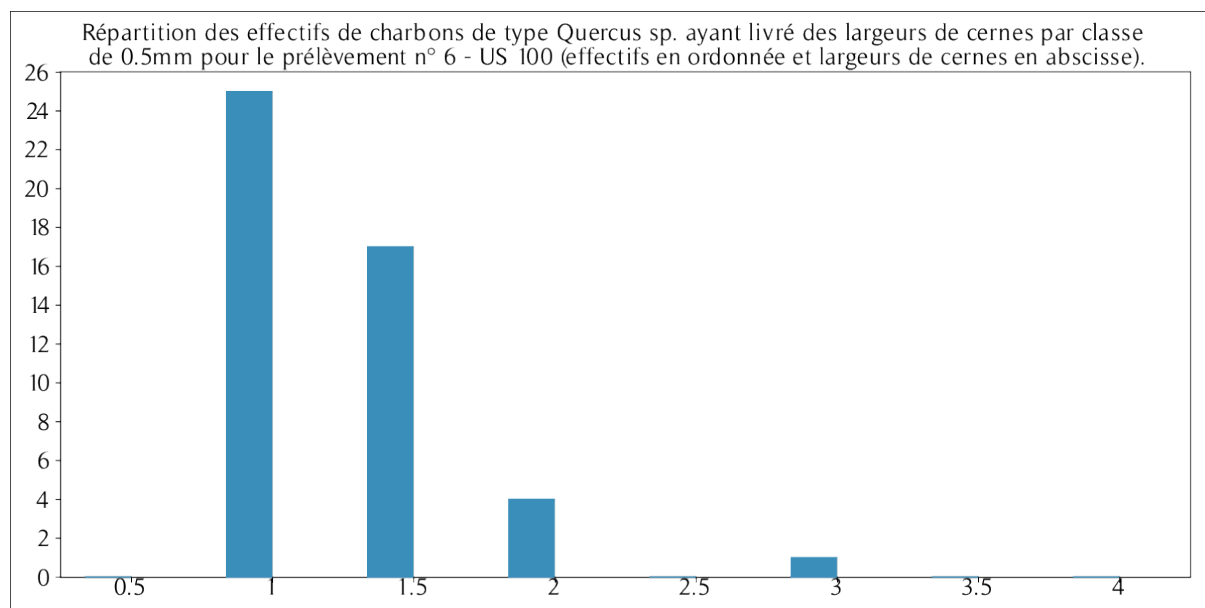


Fig. 16 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cernes (en mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire et un rythme de croissance régulier. Prélèvement n°6.

- **Structure FR 180, US 208, prélèvement n°30**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	
Quercus/Castanea	5	0	2	1	1	0	1	1	1	0	1	0
Quercus sp.	17	1	7	8	10	2	1	7	3	0	1	7

Fig. 17 – Listes des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°30.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	1	2	1,09	0	1,09	1,09
Quercus sp.	Intermédiaire	Régulier	7	23	1,08	0,53	0,45	2,09

Fig. 18 – Tableau des mesures de largeurs de cernes (en mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire et un rythme de croissance régulier. Prélèvement n°30.

- **Structure FR 180, US 208, prélèvement n°31**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Quercus/Castanea	10	0	1	1	0	0	0	4	4
Quercus sp.	5	0	2	0	0	0	0	1	3

Fig. 19 – Listes des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°31.

3.1.2. Interprétation

- **Structure FR 80, US 60, prélèvement n°5**

25 charbons ont été observés pour ce lot. Seulement deux taxons anthracologiques ont été identifiés, il s'agit du chêne (*Quercus sp.*) et du chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*). L'observation des courbures de cerne montrent que les fragments proviennent exclusivement de bois de fort et moyen calibre, bois ayant probablement permis d'entretenir une combustion (Fig. 11).

Les charbons présentent souvent des aspects « dur-luisant » ou « fendu-luisant ». Ce constat caractérise plutôt les combustions en contexte anaérobie. Ces aspects sont généralement synonymes de contextes de combustion chauds et fermés (ex. fours, fosses de charbonnage selon Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011).

Une part importante des fragments (10/25) présentait des fentes de retrait (aspect « fendu-luisant »), caractéristiques de bois brûlé à l'état « vert ».

Des mesures de largeurs de cernes ont été effectuées sur une dizaine de fragments de chêne. L'étude a permis de calculer une moyenne de l'ordre de 1,9 à 1,6 mm (calcul sur des fragments de courbure faible à intermédiaire et rythme de croissance régulier). Ce qui correspond à des contextes de croissance plutôt difficiles, probablement un boisement mûre. Ce résultat repose néanmoins sur un très faible nombre de charbons mesurés (Fig. 12).

- **Structure FR 81, US 57, prélèvement n°4**

110 fragments ont été étudiés dans ce lot, permettant de déterminer seulement deux taxons : le chêne (*Quercus sp.*) et le chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

L'observation des courbures de cerne montre que les fragments proviennent principalement de bois de moyen (50%) et gros calibres (14%). Beaucoup de fragments présentaient aussi des thylls, caractéristiques de bois « adultes » (Fig. 13). Ce sont donc plutôt des bois de branches, voire de troncs qui ont été brûlés.

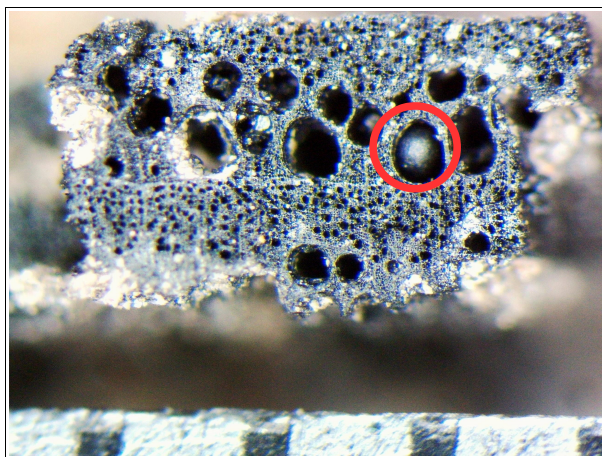


Fig. 20 Coupe transversale d'un fragment de chêne avec la présence de thylls à l'intérieur de certains pores (Prélèvement n° 4).

Notons que les charbons se révélèrent trop fragmentés (presque systématiquement moins de 1 cm) pour faire l'objet d'estimation de diamètre minimum par l'intermédiaire de mesures d'angles (Marcoux, 2009 ; Dufraisse *et al.*, 2011 ; Paradis-Grenouillet, 2012).

L'absence de gros charbons, alors que ce sont plutôt des bois de moyen calibre qui ont été utilisés, pose question. L'aspect très fragmenté serait-il lié uniquement aux effets mécaniques du contexte de sédimentation, ou à un tri puis récupération systématique des plus gros éléments liés par exemple à des pratiques de charbonnage ?

La plupart des charbons présentaient des aspects « luisants » ou « fendus-luisants » (environ 95%). On peut de nouveau émettre l'hypothèse de charbons provenant de contexte de combustion chauds et réducteurs (Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011). L'hypothèse de pratiques de charbonnage apparaîtrait là aussi cohérente avec cet état de fait.

Des fentes de retrait sont observées sur une part importante de fragments (42%). Il semble donc que les bois aient été brûlés à l'état « vert » (Fig. 21).



Fig. 21 Coupe transversale d'un fragment de chêne de forte courbure de cerne, avec des fentes de retrait sur la partie extérieure (Prélèvement n° 4).

Enfin, des mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur les charbons de chêne de courbure intermédiaire et faible (Fig. 14). Les calculs ont permis d'obtenir des moyennes de l'ordre de 1,24 à 1,33 mm. Ces résultats sont caractéristiques de contextes de croissance difficiles. L'histogramme des valeurs (Fig. 14) montre une distribution « unimodale », ce qui tend à indiquer une source d'approvisionnement « unique ».

- **Structure FR 119, US 100, prélèvement n°6**

L'ensemble anthracologique est apparu très fragmenté, les charbons ne dépassant que rarement le centimètre. 120 fragments ont été observés pour ce lot.

L'étude de ce prélèvement a permis d'observer trois taxons anthracologiques. Par ordre d'importance on constate le chêne (*Quercus sp.*), le « chêne-châtaignier » (*Quercus sp. / Castanea sp.*) et des fragments de la famille des Pomoïdées (Pomoïdeae) (Fig. 15).

La majorité des fragments présente des courbures de cerne intermédiaires et faibles. C'est donc surtout du bois de moyen et fort calibre qui a été utilisé. Toutefois, quelques charbons de Pomoïdée semblent majoritairement provenir de bois de plus petit calibre (courbures de cerne fortes). On peut donc supposer l'utilisation de bois de Pomoïdée pour l'allumage, le bois de chêne et chêne-châtaignier étant utilisés pour l'entretien de la combustion.

Le nombre de charbons présentant un aspect « dur-luisant » ou « fendu-luisant » est important, de l'ordre de 65% pour ce prélèvement (Fig. 15). Ce résultat caractérise de nouveau des combustions chaudes en contexte anaérobie (Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011), comme par exemple des fours ou bien des pratiques de charbonnage en fosse.



Fig. 22 Coupe transversale d'un fragment de chêne d'aspect « fendu-luisant » (Prélèvement n° 6).

Des fentes de retrait ont régulièrement été observées (45%). Il est donc probable qu'une part importante des bois de chêne ait été brûlée à l'état « vert » (Fig. 21).

Nous notons aussi des traces de galeries, peut-être de xylophages, à l'intérieur des fragments de Pomoïdée. Ces galeries sont en revanche plutôt un indicateur de bois « mort » (Fig. 23).

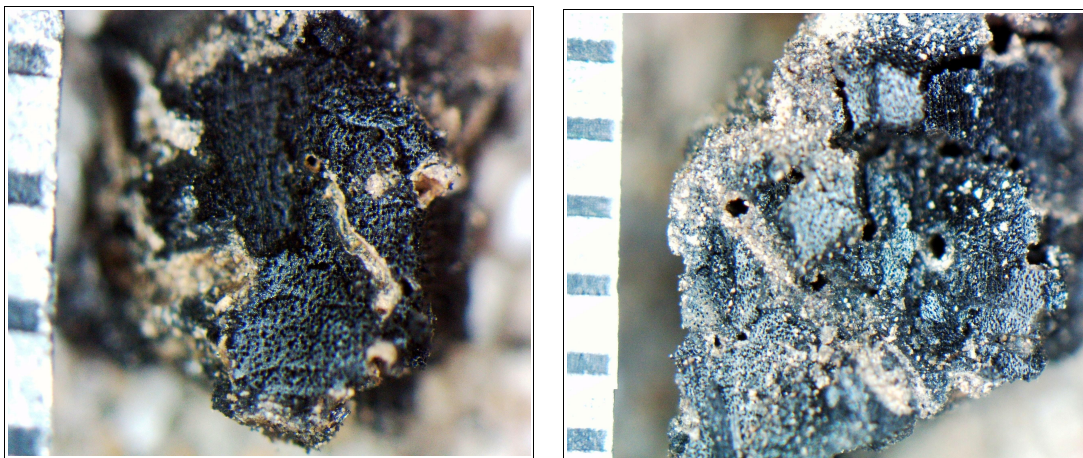


Fig. 23 Coupes transversales de fragments de Pomoïdée avec des traces de galeries (Prélèvement n° 6).

Des mesures de largeurs de cerne ont été réalisées sur une cinquantaine de charbons de chêne de faible courbure de cerne (Fig. 16). Les calculs ont permis d'obtenir des moyennes de l'ordre de 1 mm à 1,1 mm. Ces résultats sont caractéristiques de contextes de croissance difficiles. L'histogramme des valeurs montre une distribution « unimodale », ce qui indiquerait une source d'approvisionnement « unique ».

- **Structure FR 180, US 208, prélèvements n°30 et n°31**

L'étude des deux échantillons provenant la structure FR 180 a permis d'observer deux taxons anthracologiques : le chêne (*Quercus sp.*) et le « chêne-châtaignier » (*Quercus sp. / Castanea sp.*) (Fig. 17 et 19). Assez peu de charbons ont pu être observés : 22 dans le prélèvement n°30 et 15 dans le prélèvement n°31.

Les fragments montrent des courbures de cerne hétérogènes. Les charbons correspondent principalement à des sections de bois de petit et moyen calibre. Quelques fragments de chêne proviennent de bois de plus fort calibre (courbure de cerne faible et détection de thylls).

La majorité des charbons étudiés présente un aspect « dur-luisant » ou « fendu-luisant ». Ce résultat caractérise plutôt les combustions de contexte chaud et fermé (ex. fours, fosses de charbonnage).

Des mesures de largeurs de cerne ont été réalisées sur une dizaine de charbons de chêne de courbure de cerne faible et intermédiaire (Fig. 18). Les calculs ont permis d'obtenir des moyennes de l'ordre de 1 mm. Ces résultats sont caractéristiques de contextes de croissance difficiles.

3.2. Prélèvements provenant de la structure FR 216, attribuée à la période antique

3.2.1. Résultats

- **Structure FR 216, US 319, prélèvement n°59**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	Vitrifié - structures fondues - luisant
Benistée type Cytisus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1

Fig. 24 Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°59.

- **Structure FR 216, US 321, prélèvement n°67**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Quercus sp.	10	0	3	0	1	0	0	6	2	2

Fig. 25 Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°67.

3.2.2. Interprétation

Les deux prélèvements se sont révélés très pauvres en charbons.

Un seul charbon de genêt (*Cytisus type*) a pu être identifié dans le prélèvement 59 (US 319) et dix charbons de chêne (*Quercus sp.*) dans le lot n° 67 (US 321).

Au regard des faibles effectifs étudiés, il n'a pas été possible d'observer beaucoup de critères dendrologiques. Toutefois, les charbons présentaient généralement des aspects luisants, ce qui caractérise plutôt des conditions de combustions chaudes en contexte fermé.

3.3. Prélèvements provenant des structures FR 163 et FR 179, attribuées à la période mérovingienne

3.3.1. Résultats

- **Structure FR 163, US 256, prélèvement n°25**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	
Corylus avellana	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
Fagus sylvatica	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Genistée type Cytisus	5	0	0	4	0	0	0	1	3	0	0	1
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomoidée	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Prunus sp.	8	0	0	6	0	0	0	2	1	0	1	0

Fig. 26 Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°25.

- **Structure FR 163, US 256, prélèvement n°26**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	
Corylus avellana	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
g. de brindille indétern	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Genistée type Cytisus	6	0	0	6	0	0	0	2	2	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pomoidée	3	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1
Prunus sp.	15	0	1	13	0	0	0	3	4	0	2	0
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Fig. 27 Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°26.

- **Structure FR 163, US 253, prélèvement n°27**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud	
Carpinus betulus	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Genistée type Cytisus	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
Pomoidée	5	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0
Prunus sp.	27	0	0	26	0	0	4	1	8	0	3	0
Quercus/Castanea	6	1	4	0	0	0	1	1	1	0	0	1
Quercus sp.	8	0	5	1	0	0	0	2	1	0	0	1

Fig. 28 Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°27.

- **Structure FR 163, US 253, prélèvement n°29**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Insecte	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud		
Corylus avellana	7	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Genistée type Cytisus	13	0	0	13	0	0	0	1	8	0	0	2	3
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Pomoidée	4	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	3	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Quercus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

- **Structure FR 179, US 238, prélèvement n°32**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Moelle	Insecte
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud		
Corylus avellana	6	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Fagus sylvatica	18	0	4	13	0	0	0	2	0	0	1	2	2
Genistée type Cytisus	7	0	0	7	0	0	1	0	3	0	0	0	1
Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Pomoidée	10	0	1	9	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Prunus sp.	4	0	0	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Salix sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 30 Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°32.

- **Structure FR 179, US 238, prélèvement n°33**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle	Insecte	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / pores obturés / struct. Indistin	Fendu / Luisant / noeud			
Carpinus betulus	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	13	0	3	10	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Pomoidée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	3	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Quercus sp.	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0

Fig. 31 Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°33.

3.3.2. Interprétation

- **Structure FR 163, US 256, prélèvements n°25 et 26**

L'étude des deux prélèvements de la structure FR 163, révéla des compositions anthracologiques assez semblables. Sur les sept taxons anthracologiques identifiés, quatre sont communs aux deux prélèvements, ce sont les taxons majoritaires. Par ordre d'importance on constate les fragments de Prunoidée (*Prunus sp.*), de genêt (*Fabaceae type Cytisus*), de Pomoïdée (Pomoïdeae), de noisetier (*Corylus avellana*). De plus, on constate des charbons de chêne (*Quercus sp.*) et de « chêne-châtaignier » (*Quercus sp. / Castanea sp.*) dans le lot n° 26 et de hêtre (*Fagus sp.*) dans le lot n° 25 (Fig. 25 et 26).

La majorité des fragments présente des courbures de cerne fortes. Des sections entières de brindilles de Prunoidée, noisetier et genêt ont d'ailleurs été identifiées. C'est donc surtout du bois de petit calibre qui a été utilisé lors de ces combustions. Ce type de calibre est généralement utilisé lors de phase d'allumage. En l'absence de bois de moyen et fort calibre apparent, il est probable que les combustions aient été assez brèves.

Le nombre de charbons présentant un aspect « dur-luisant » ou « fendu-luisant » est de l'ordre de 50% pour les deux prélèvements. Notons que l'aspect luisant est dans ce cas probablement davantage lié à la qualité du bois brûlé (bois de petit calibre) plutôt qu'à un contexte de combustion chaud et fermé (Oilic, 2011).

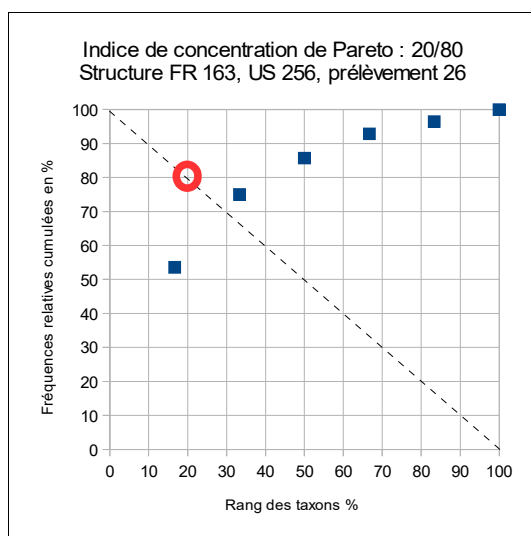


Fig. 32 – Indices de concentration de Pareto pour le prélèvement n°26 (fraction supérieure à 1,6 mm). Le principe du calcul de l'indice de concentration de Pareto repose sur le fait que dans les communautés végétales actuelles, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999).

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto sur les charbons du prélèvement n°26 montre qu'environ 33 % des taxons représentent moins de 80% des charbons. Le résultats ne respecte donc pas le rapport d'équilibre connu entre biomasse et répartition des essences dans un écosystème végétal (Chabal *et al.*, 1999). La composition anthracologique constatées semblerait avoir fait l'objet de ramassages sélectifs. Ce type de collecte de bois est généralement associé à des usages techniques ou « artisanaux ». Il faut néanmoins considérer ce résultat avec précaution compte tenu du faible effectif étudié (33 fragments).

- **Structure FR 163, US 253, prélèvements n°27 et 29**

Les deux prélèvements présentent des compositions anthracologiques semblables entre elles mais aussi par rapport aux prélèvements n°25 et 26. On constate de nouveaux des fragments de Prunoïdée (*Prunus sp.*), de genêt (*Fabaceae type Cytisus*), de Pomoïdée (Pomoïdeae) et de noisetier (*Corylus avellana*). Des fragments de chêne (*Quercus sp.*) et de chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*) ont aussi été identifiés dans les deux lots, en plus du charme (*Carpinus sp.*) dans le prélèvement n° 27.

Ce sont essentiellement des fragments provenant de bois de brindilles et de petit calibre (courbures de cerne fortes) (Fig. 33). Quelques fragments de chêne semblent provenir de bois de calibre intermédiaire, bois ayant probablement permis d'entretenir une combustion.

Les charbons présentant un aspect « dur-luisant » ou « fendu-luisant » sont assez rares. Ce constat caractérise plutôt les combustions en contexte aérobie.

Le nombre de charbons présentant un aspect « dur-luisant » ou « fendu-luisant » représente environ un tiers des charbons. Cet aspect s'explique probablement davantage par la qualité du bois brûlé (bois de petit calibre) que par un contexte de combustion chaud et fermé (Oilic, 2011).

Quelques fragments présentaient des fentes de retrait, caractéristiques de bois brûlé à l'état « vert ». Ce type de charbon est toutefois détecté de façon assez ponctuelle (une vingtaine de fragments pour l'ensemble des deux lots) et plus particulièrement sur certains taxons (genêt et prunus).

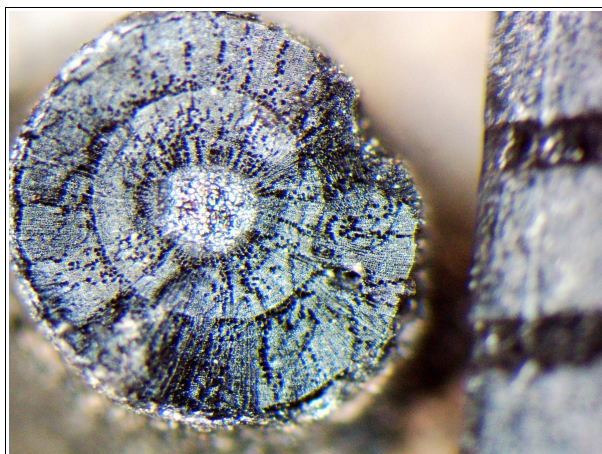


Fig. 33 Coupe transversale d'un fragment de brindille de noisetier (Prélèvement n° 29).

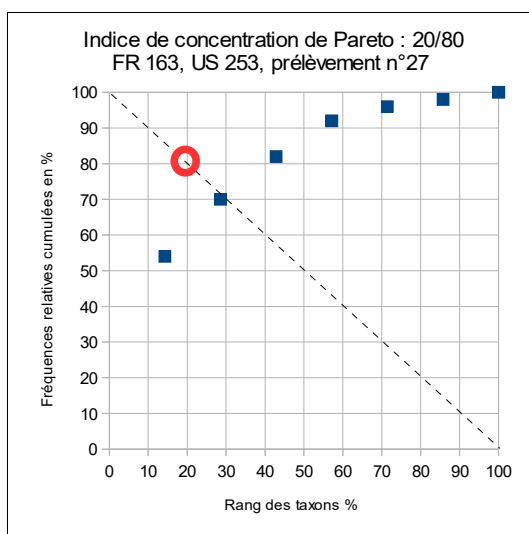


Fig. 34 – Indice de concentration de Pareto pour le prélèvement n°27.

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto sur les charbons du prélèvement n°027 montre qu'environ 30% des taxons représentent moins de 70% des charbons. Le résultats ne respecte donc pas le rapport d'équilibre connu entre biomasse et répartition des essences dans un écosystème végétal (Chabal *et al.*, 1999). La composition anthracologique constatées semblerait avoir fait l'objet de ramassages sélectifs, ce qui pourrait révéler des « choix techniques » (ex. choix d'essences et de calibres de bois particuliers pour l'allumage d'un foyer).

Remarque : Il faut considérer ce résultat avec précaution car l'importance du décalage est lié à la détection de quelques fragments de « chêne-châtaignier », considéré comme un taxon à part entière, et qui perturbent légèrement les proportions notamment au détriment du chêne. Néanmoins, même en rassemblant les effectifs du chêne et chêne-châtaignier dans un taxon unique, le ratio de Pareto (20% des taxons correspondant à 80% des charbons) ne serait pas atteint. L'interprétation serait donc identique.

- **Structure FR 179, US 238, prélèvements n°32 et 33**

Les ensembles charbonneux des prélèvements n°32 et 33 présentent des associations de taxons assez semblables : en effet on constate en commun le hêtre (*Fagus sylvatica*) et des fragments des familles de Pomoïdée et de Prunoïdée. En revanche, le noisetier (*Corylus avellana*), genêt (Fabaceae type *Cytisus*) et le saule (*Salix sp.*) sont détectés dans le prélèvement n° 32 alors que le chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*) et le charme (*Carpinus sp.*) sont observés exclusivement dans le lot n°33.

Si les fragments de noisetier, prunellier, Pomoïdée, chêne, chêne-châtaignier, genêt étaient déjà observés dans les lots de la structure FR 163, le hêtre et le saule sont des taxons spécifiques à la structure FR 179.

Les fragments proviennent principalement de bois de petit calibre en plus de brindilles. Ce sont donc plutôt des bois « jeunes », des branches, qui ont été brûlés. Néanmoins quelques de charbons de hêtre et de chêne présentaient des courbures de cerne intermédiaire. On peut supposer que des brindilles et bois de petit et moyen calibre d'essences diverses, ont été utilisés lors de phases d'allumage du feu. Quelques morceaux de hêtre et de chêne de plus gros calibre ont ensuite été utilisés pour alimenter les combustions.

Quelques fragments montrent des aspects luisants, mais ils sont minoritaires. Selon J.-C. Oilic (2011), les bois de petit calibre sont davantage sujet au phénomène de vitrification, ce qui pourrait expliquer les aspects luisants constatés sur quelques fragments. Il est probable que la combustion se soit produite en contexte aérobie.

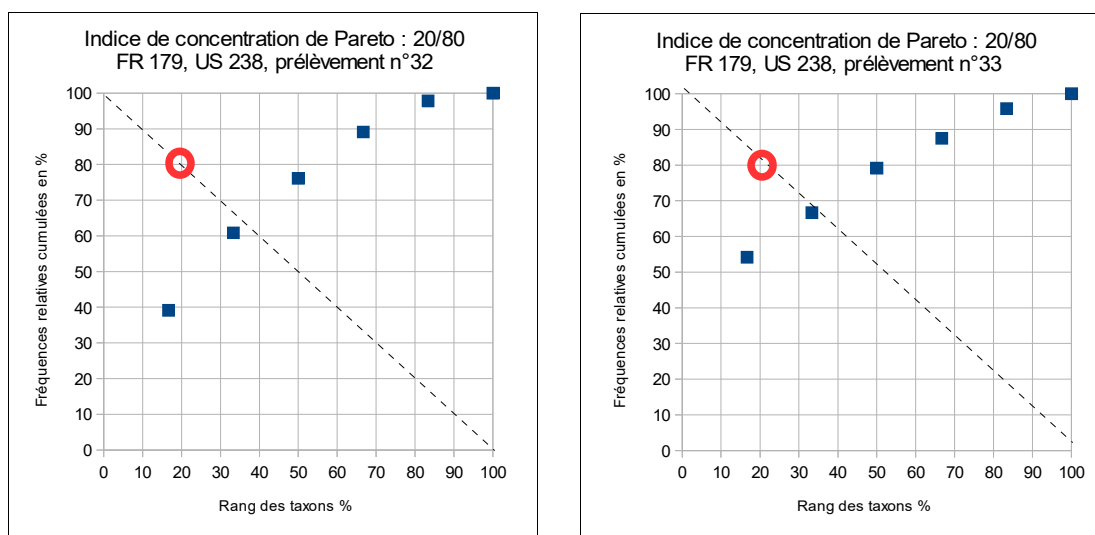


Fig. 35 – Indice de concentration de Pareto pour les prélèvements n°32 et 33.

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto sur les charbons des prélèvements 32 et 33 montre qu'environ 30% des taxons représentent moins de 70% des charbons. Le résultats ne respecte donc pas le rapport d'équilibre connu entre biomasse et répartition des essences dans un écosystème végétal (Chabal *et al.*, 1999). Les compositions anthracologiques ont donc probablement fait l'objet de ramassages sélectifs. De nouveau, on peut évoquer des choix « techniques » pour expliquer ces résultats.

De façon générale, au regard des associations anthracologiques constatées mais aussi de la qualité du bois brûlé (essentiellement du bois de brindilles et de petit calibre) les ensembles anthracologiques des structures FR 163 et FR 179 sont semblables et correspondent probablement aux phases d'allumage de mêmes systèmes techniques.

4. SYNTHÈSE

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. 516 charbons ont été étudiés pour 13 lots provenant de sept structures différentes.

L'analyse porte uniquement sur des prélèvements réalisés dans les niveaux de comblement de structures qui présentaient des concentrations de charbons. Il n'y a donc pas eu d'échantillonnages systématiques sur l'ensemble du site, ce qui nous auraient probablement donné davantage d'informations d'ordre paléoenvironnemental (aire de ramassage plus vaste et plus de biodiversité) (L. Chabal *et al.*, 1999).

Structures, hypothèses archéologiques	Faits archéologiques	Datation de l'US	Taxons (par ordre d'importance)	Hypothèses techniques	Types de boisements	Largeurs moyennes de cernes
FR 80, FR 81, FR 119, FR 180	PR 5, PR 4, PR 6, PR 30, PR 31	Proto-histoire	<i>Quercus sp.</i> , <i>Quercus sp./Castanea</i> , <i>Pomoideae</i>	Rejets d'origine artisanal, pratiques de charbonnage en fosse (?) : Les cinq prélèvements montrent des compositions anthracologiques semblables. Deux taxons anthracologiques principaux ont été identifiés, il s'agit du chêne et du chêne/châtaignier. Plus ponctuellement quelques fragments de Pomoïdée ont été observés dans le prélèvement n°6. Les fragments proviennent presque exclusivement de bois de moyen et gros calibre. Les quelques fragments de Pomoïdée proviennent de bois de petit calibre. On peut donc supposer l'utilisation de bois de Pomoïdée pour l'allumage, le bois de chêne et chêne-châtaignier étant utilisés pour l'entretien de la combustion. Des fentes de retrait sont régulièrement observées. Elles indiquent la combustion de bois à l'état «vert». L'absence de « gros charbons », alors que ce sont plutôt des bois de moyen calibre qui ont été utilisés, pose question. L'aspect très fragmentaire des charbons serait-il lié uniquement aux effets mécaniques du contexte de sédimentation, ou à une récupération des plus gros éléments ? Le nombre de charbons présentant un aspect « dur-luisant » ou « fendu-luisant » est important, jusqu'à 95% pour le lot n°4. Ce résultat est caractéristique de combustions chaudes en contexte anaérobie. L'absence de gros charbons, l'aspect luisant d'une grande partie des fragments, la rubéfaction des parois des structures appuient l'hypothèse de pratiques de « charbonnage en fosse ».	Boisement de type chênaie <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp./Castanea</i> Boisements ouverts, végétations de lisières Pomoideae	Mesures sur fragments de chêne de courbure faible et intermédiaire : lot n° 005 Moy. = 1,69 mm (N=6; Ec-type = 0,64 mm) lot n° 004 Moy. = 1,33 mm (N=49; Ec-type = 0,59 mm) lot n° 006 Moy. = 1,07 mm (N=47; Ec-type = 0,4 mm) lot n° 030 Moy. = 1,08 mm (N=7; Ec-type = 0,53 mm) Les valeurs correspondent à des contextes de croissance difficiles. Les distributions des valeurs sont de type « unimodale » indiquant des sources d'approvisionnement « uniques ».
FR 216	PR 59, PR 67	Antique	<i>Quercus sp.</i> , <i>Fabaceae</i> type <i>Cytisus</i>	Rejets d'origine indéterminée: Deux taxons ont été identifiés dans les lots de cette structure. Les quelques charbons observés n'ont pas permis d'avancer d'interprétation en rapport avec les critères dendrologiques.	Boisement de type chênaie (<i>Quercus sp.</i>) Boisements ouverts, végétations de lisières ou landes-fourrés (<i>Fabaceae</i> type <i>Cytisus sp.</i>)	

Fig. 36 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les périodes protohistoriques et antiques.

Structures, hypothèses archéologiques	Faits archéologiques	Datation de l'US	Taxons (par ordre d'importance)	Hypothèses techniques	Types de boisements	Largeurs moyennes de cerne
FR 163 FR 179	PR 25, PR 26, PR 27, PR 29, PR 32, PR 33	Période mérovingienne	<i>Quercus sp.</i> , <i>Fagus sylvatica.</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Pomoideae</i> , <i>Fabaceae</i> type <i>Cytisus</i> , <i>Quercus sp./Castanea sp.</i> , <i>Prunus sp.</i> , <i>Carpinus betulus.</i> , <i>Salix sp.</i> ,	Rejets d'origine indéterminée, restes de bois d'allumage : Les compositions anthracologiques sont apparues assez semblables que ce soit par les essences identifiées, les critères dendrologiques mesurés et les calculs des indices de Pareto. Neuf taxons ont été identifiés pour l'ensemble des cinq lots. Parmi ces taxons, le noisetier, le genêt, les Prunoidées (<i>Prunus sp.</i>), les Pomoïdées, le chêne et le hêtre sont régulièrement détectés. La majorité des fragments présente des courbures de cerne fortes. Des sections entières de brindilles de Prunoidée, noisetier et genêt ont d'ailleurs été identifiées. C'est donc surtout du bois de petit calibre qui a été utilisé lors de ces combustions. Toutefois, quelques fragments de chêne et de hêtre semblent provenir de bois de calibre intermédiaire, bois ayant probablement permis d'entretenir les combustions. Les bois de petits calibres sont sur-représentés par rapport au bois de calibre intermédiaire. Il est donc probable que la combustion ait été assez brève (?) et correspondrait aux restes d'une phase d'allumage. Les charbons présentant un aspect « dur-luisant » ou « fendu-luisant » sont régulièrement observés mais ne sont pas majoritaires. Cet aspect s'explique probablement davantage par la qualité du bois brûlé (bois de petit calibre) que par un contexte de combustion chaud et fermé (Oilic, 2011). Quelques fragments présentaient des fentes de retrait, caractéristiques de bois brûlé à l'état « vert ». Ces traits sont plus particulièrement détectés sur le bois de genêt et de Prunoidée. Le calcul de l'indice de Pareto sur les différents lots indique systématiquement que les des compositions anthracologiques ont fait l'objet de ramassages sélectifs, conséquences probables de « choix techniques » (ex. choix d'essences et de calibres de bois particuliers lors de phases d'allumage).	Boisement de type chênaie-hêtraie (<i>Fagus sylvatica.</i>, <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp./Castanea sp.</i>, <i>Carpinus betulus.</i>) Boisements ouverts, végétations de lisières ou landes-fourrés (<i>Pomoideae</i>, <i>Prunus sp.</i>, <i>Corylus avellana</i>, <i>Carpinus betulus</i>, <i>Fabaceae</i> type <i>Cytisus</i>) Boisements hygrophiles (?) (<i>Salix sp.</i>)	Les bois de petit calibre ne permettent pas de mesures de largeurs de cerne.

Fig. 37 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour la période mérovingienne.

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

- Informations d'ordre environnemental

Neuf taxons anthracologiques ont été identifiés dans cette étude. Les taxons les plus utilisés sont par ordre d'importance : le chêne (*Quercus sp.*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), le chêne-châtaignier (*Quercus sp. - Castanea sp.*), le noisetier (*Corylus avellana*), les familles des Prunoïdées, des Pomoïdées puis dans une moindre mesure le charme (*Carpinus betulus*) et le saule (*Salix sp.*). Notons que les derniers taxons ne sont représentés que par quelques occurrences.

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

- les groupements forestiers de **la chênaie** et **chênaie-hêtraie** : chêne (*Quercus sp.*), hêtre (*Fagus sylvatica*), chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*) avec ponctuellement le charme (*Carpinus betulus*). La chênaie est détectée dans l'ensemble des trois périodes. En revanche, le hêtre n'est observé que dans les lots médiévaux. Le groupement forestier de la chênaie-hêtraie est caractéristique de la période du Subatlantique, largement détecté par la palynologie et majoritaire dans le nord de la France (Gaudin, 2004).
- **les "landes-fourrés", lisières forestières, associations héliophiles** : noisetier (*Corylus avellana*), charme (*Carpinus betulus*), Pomoïdées, Prunoïdées (*Prunus sp.*), Fabacées de type *Cytisus*. Ces types de végétations sont détectés exclusivement dans les prélèvements médiévaux. Ces essences attestent l'existence de boisements clairs dans l'aire de ramassage autour du site. Il pourrait par exemple s'agir de haies ou de landes-fourrés? (ex. Pomoïdée, Prunoïdée, noisetier, genêt). Ces végétations pourraient aussi correspondre à des espaces en déprise agricole et recolonisés par des essences pionnières comme le noisetier et le genêt.
- **les boisements hygrophiles** sont perçus par l'intermédiaire du saule (*Salix sp.*). Ces boisements étaient probablement localisés à proximité d'une zone humide. L'aire de ramassage semble avoir abordé cette zone uniquement durant la période mérovingienne.

Les mesures de largeurs de cernes réalisées sur des fragments de chêne de gros et moyen calibre ont pu être menées uniquement sur les lots protohistoriques. De façon générale, on constate des valeurs moyennes oscillant entre 1,07 et 1,69 mm. Ces résultats montrent que les bois collectés proviennent de contextes de croissance plutôt difficiles (ex. chênaies denses).

- Informations d'ordre technique :

**1. Les ensembles anthracologiques des structures protohistoriques :
hypothèse de fosses à charbonnage ?**

L'étude des compositions anthracologiques mais aussi la description archéologique des quatre structures (parois rubéfiées, formes rectangulaires, profondeur) montrent beaucoup de similarités (cf. Fig. 1). Ces structures correspondent donc probablement à un même système technique en liaison avec une activité de combustion.

Au niveau anthracologique, les ensembles sont constitués presque exclusivement par des restes de bois de chêne de moyen et gros calibre. Quelques fragments de chêne et de Pomoïdées de petit calibre pourraient avoir été utilisés pour l'allumage dans les structures FR 180 et FR 119.

De plus, le bois de chêne semble avoir été brûlé à l'état « vert » car de nombreuses fentes de retrait sont observées sur les fragments.

L'absence de « gros charbons » (peu de charbons sont supérieurs à un centimètre) est aussi à noter. D'après les courbures de cernes observées, ce sont pourtant des bois d'assez gros calibre qui ont été utilisés. Ce constat pourrait s'expliquer par des effets « mécaniques » du contexte de sédimentation. Mais on peut aussi émettre l'hypothèse d'un « tri » des plus gros charbons lors du désenfournage puis une récupération des plus gros éléments liés par exemple à des pratiques de charbonnage.

Cette hypothèse est corroborée par l'aspect des charbons. En effet, la plupart des fragments montre un aspect « luisant ». Cet aspect est la conséquence de conditions de combustion chaudes en contexte anaérobie (Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011) ce qui serait cohérent là aussi avec des pratiques de charbonnage.

Ce type de fosse de charbonnage protohistorique a par exemple été décrit dans une étude menée par l'Inrap (Hamon, 2014) sur la commune de Quévert (22). Le site est constitué d'un secteur de fosses de charbonnage en lien avec la production de fer. Les fosses de formes rectangulaires et profondes d'une quinzaine de centimètres montrent des traces de rubéfiations sur les parois. Selon les auteurs, l'absence de battitures à l'intérieur du comblement « paraissent cohérentes avec l'attribution très probable de la fonction de fosse de charbonnage à ces structures dans lesquelles la combustion du bois ne doit pas être vive, mais, au contraire, menée en quelque sorte de façon 'étouffée', classiquement par le recouvrement de la structure de motte de terre. La technique de production de charbon à partir d'excavation au sol consiste à enfouir dans des cavités d'un volume moyen de 1m³ un stock de bois scellé à l'aide d'une couverture de terre et de végétaux. La combustion du bois est alors menée sous surveillance durant quelques jours jusqu'à sa totale transformation ». Le fonctionnement connu implique ensuite un tri des charbons lors du désenfournage, avec une récupération des plus gros éléments et un rejet à proximité de la fosse ou dans la fosse des petits éléments.

2. Les ensembles anthracologiques des structures mérovingiennes : restes de bois d'allumage ?

Neuf taxons ont été identifiés pour l'ensemble des cinq lots. Parmi ces taxons, le noisetier, le genêt, le prunellier (*Prunus sp.*), les Pomoïdées, le chêne et le hêtre sont régulièrement détectés. Plus ponctuellement le charme et le saule ont aussi été détectés.

Les feuillus à bois tendres tels que le saule et le bouleau flambent bien et rapidement, mais leurs braises durent peu. Ils n'ont que peu d'intérêt en tant que bois de chauffage ou combustible, si ce n'est leur utilisation pour le démarrage du feu. Les feuillus durs (ex. chêne, hêtre, châtaignier, Pomoïdée, Prunoïdée, charme), plus denses, se consomment plus lentement et dégagent davantage de chaleur à condition qu'ils soient bien secs. Ce sont donc de meilleurs combustibles.

Une part importante des compositions anthracologiques semble provenir de brindilles et de bois de petit calibre. Seuls des fragments de chêne et de hêtre proviennent de bois de plus gros calibre. La détection de nombreux fragments provenant de bois de petit calibre pourrait être liée à des choix d'ordre « technique ». Ils sont d'une part plus faciles à couper et à collecter. D'autre part, ce type de bois produit une combustion intense et rapide, ce sont généralement des bois utilisés pour l'allumage. Quelques morceaux de bois de chêne et de hêtre de moyen calibre ont pu être utilisés pour la montée et l'entretien des combustions.

Le calcul de l'indice de Pareto sur les différents lots indique systématiquement que les compositions anthracologiques ont fait l'objet de ramassages sélectifs, conséquences probables de « choix techniques » (ex. choix d'essences et de calibres de bois particuliers lors de phases d'allumage).

Nous constatons que les restes des bois destinés à alimenter la combustion apparaissent sous-représentés par rapport aux bois ayant servi lors de la phase d'allumage. Il pourrait s'agir d'une particularité liée au fonctionnement de la structure de combustion.

5. BIBLIOGRAPHIE

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

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

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

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

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

HAMON A.-L., 2014 - *Charbonnage et métallurgie du fer de la protohistoire à l'antiquité. Commune de Quévert, Côte d'Armor, Le Clos Mirette, La Lande Close, La Lande Gatée*. Rapport final d'opération. Inrap Grand Ouest. 114 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, 320p.

PARADIS-GRENOUILLET S., 2012 - *Etudier les forêts métallurgiques : analyses dendro-anthracologiques et approches géohistoriques. L'exemple des forêts du mont Lozère et du Périgord-Limousin*. Sciences de l'Homme et Société. Université de Limoges, 452p.

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

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

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

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

6. ANNEXE

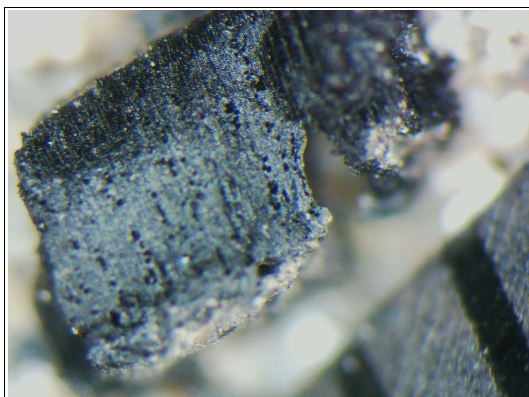


Fig. 38 – Coupe radiale d'un fragment de charme (*Carpinus betulus*). Prélèvement n° 27, grossissement x40.

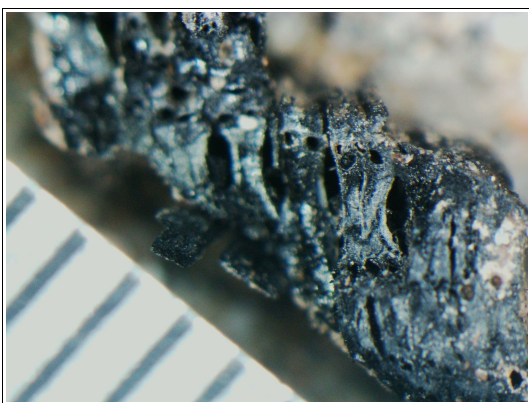


Fig. 39 – Coupe transversale d'un fragment de chêne (*Quercus sp.*) d'aspect « fendu-luisant ». Prélèvement n° 6, grossissement x15.

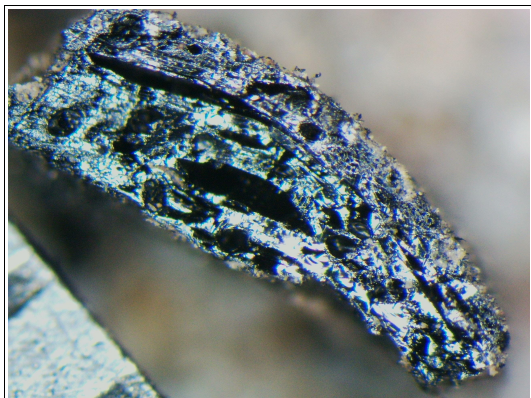


Fig. 40 – Coupe transversale d'un fragment de chêne (*Quercus sp.*) d'aspect « vitrifié ». Prélèvement n°4, grossissement x35.

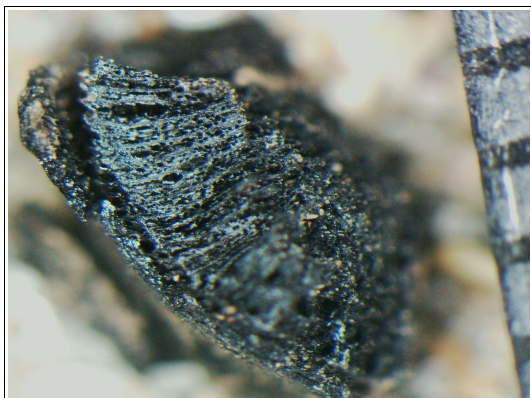


Fig. 41 – Coupe transversale d'une brindille de Prunoidée (*Prunus sp.*) avec une partie de l'écorce. Prélèvement n°26, grossissement x20.

FR 80



FR 81



FR 119



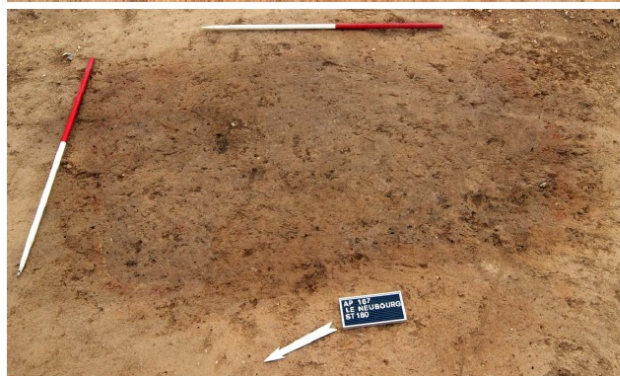
FR 216



Fig. 42 – Photographies des structures FR80, FR 119, FR 216 et FR 81 (Photographie communiquées par P. Wech)



FR 163



FR 179



Fig. 43 – Photographies des structures FR 180, FR 163 et FR 179 (Photographies communiquées par P. Wech)