



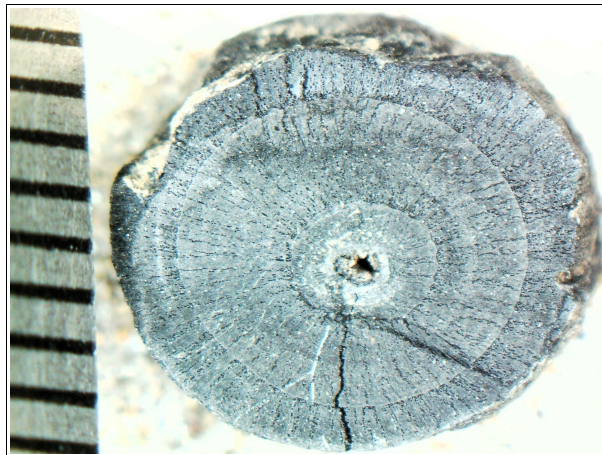
ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES DE PRÉLÈVEMENTS RÉALISÉS
LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE
DU SITE « GROUPE SCOLAIRE, AVENUE DE VERDUN »,
SUR LA COMMUNE DE DARDILLY (69).**

OCCUPATION DU MOYEN-ÂGE.

OPÉRATION 69072 2214892.



ARCHEODUNUM SAS

Novembre 2024

Archeodunum SAS - Agence de Lyon
500, rue Juliette Récamier - 69970 Chaponnay

Analyses anthracologiques de prélèvements réalisés lors de l'opération archéologique du site « Groupe scolaire, rue de Verdun », sur la commune de Dardilly (69). Occupation du Moyen-Age.

Opération : 69072 2214892

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

Novembre 2024

Illustration de la page de couverture :

Fragment de noisetier (Corylus avellana), vue en coupe transversale, section entière, grossissement x9 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement n°10.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	8
2.1. Équipement d'observation.....	8
2.2. Méthodologie.....	9
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
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION	23
3.1. Prélèvement n°06, Structure de type « Foyer », Fait F2, US 2-2.	23
a. Résultats	23
b. Interprétations	24
3.2. Prélèvement n°13, Structure de type « Silo », Fait F5, US 5-5.	25
a. Résultats	25
b. Interprétations	26
3.3. Prélèvement n°10, structure de type « Silo », Fait F6, US 6-4.	28
a. Résultats	28
b. Interprétations	30
3.4. Prélèvement n°07 et n°16, structure de type « Silo », Fait F7, US 7-2 et 7-4.	32
a. Résultats	32
b. Interprétations	33
3.5. Prélèvement n°26, structure de type « Silo », Fait F8, US 8-3.....	36
a. Résultats	36
b. Interprétations	37
4. BILAN	39
4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental.....	39
4.2. Informations d'ordre ethnographique.....	41
5. BIBLIOGRAPHIE	43
6. ANNEXE – Photographies	45

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors d'une opération archéologique préventive menée sur le site du « Groupe scolaire, Avenue de Verdun » sur la commune de Dardilly (69).

Les prélèvements anthracologiques étudiés proviennent des comblements de quatre silos et d'un foyer médiévaux (Fig. 1).

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

- Tenter de percevoir l'origine des charbons. Il s'agit pour les cinq prélèvements associés aux comblements des silos, de charbons en position secondaire, probablement des restes de combustibles, mais l'hypothèse reste à confirmer,
- s'il s'agit bien de restes de combustibles, tenter de caractériser la qualité du bois utilisé. En déduire si les assemblages ont fait l'objet de sélections (ex. essences ou calibres particuliers), s'ils sont plutôt caractéristiques d'usages domestiques ou artisanaux, comparer les compositions anthracologiques,
- caractériser les boisements qui existaient dans l'aire de ramassage.

Cette opération a été menée par la société Archéodunum, agence de Lyon. La fouille ci-présente a été dirigée par M. David BALDASSARI, responsable d'opération.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les prélèvements charbonneux ont fait l'objet de tamisages effectués par le laboratoire Archeodunum (mailles de 0,5 et 2 mm).

Cinq prélèvements sont issus des comblements d'un ensemble de quatre silos (F5, F6, F7, F8) et d'un foyer (F2). Au total ce sont un peu plus de 330 fragments qui ont été étudiés (Fig 1).

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE							
Commune :		Dardilly (69)					
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		Groupe Scolaire – avenue de Verdun – Parcelle BO247					
Année :		2023					
N° OA :		69072 2214892					
Resp. d'Op. ; commanditaire		BALDASSARI David					
Type d'opération :		Préventif					
Période d'analyse pressentie		novembre 2024					
N° Prélèvement	Fait	Identification	US	Contexte du dépôt	Description des comblements	Éléments de datation	Effectifs étudiés
PR06	F2	Foyer	2-2	Abandon	Niveau d'abandon/de démolition recouvrant la structure et sa périphérie. Il se compose de limon argileux brun jaune grisâtre, meuble et homogène, avec quelques charbons et points de rubéfaction. Il renferme quelques tessons de céramique (médiévale ?). Le niveau comble également les creux laissés par les arrachements de la sole dont quelques gros fragments se retrouvent autour de la structure.		40
PR13	F5	Silo	5-5	Comblement	Il s'agit d'un fin niveau de comblement composé de limon mêlé d'argile noir, meuble et homogène avec de fréquents charbons.	céramique datée des X-XIe siècles	55
PR10	F6	Silo	6-4	Comblement	Comblement composé de limon mêlé d'argile brun à noir, meuble et hétérogène avec des inclusions de terres crues et de très fréquents charbons. Il présente également quelques blocs de pierre et des tessons de céramique. Cette couche correspond à la réutilisation du silo comme fosse de rejet. Elle correspond à l'USF 112.6 du diagnostic.	céramique datée des X-XIe siècles	75
PR07	F7	Silo	7-2	Comblement	Comblement supérieur du silo composé de limon mêlé d'argile brun noir avec des poches plus claires, meuble et hétérogène. Il s'agit d'un niveau très charbonneux, contenant du mobilier et plusieurs gros blocs calcaires (dont un de 40 x 14 cm). Il pourrait correspondre à un niveau de rejet.		54
PR16	F7	Silo	7-4	Comblement	Comblement anthropique composé de limon mêlé d'argile brun noir, meuble et homogène avec de fréquentes inclusions de petits blocs calcaires et de fréquents charbons. Il s'agit d'un probable niveau de rejet.		67
PR26	F8	Silo	8-3	Comblement	Comblement composé de limon mêlé d'argile gris orangé, meuble et homogène avec des inclusions de blocs décimétriques, ainsi que de nodules de TCA, mais aussi quelques inclusions de terre crue cuite. Charbons fréquents.		45
							336

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

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

Pour les prélèvements n°13 et n°7, ensembles charbonneux les plus diversifiés, seulement huit et sept taxons ont été identifiés. Les courbes « effort-rendement » montrent des seuils situés entre 20 et 40 fragments (Fig. 2 et Fig. 3).

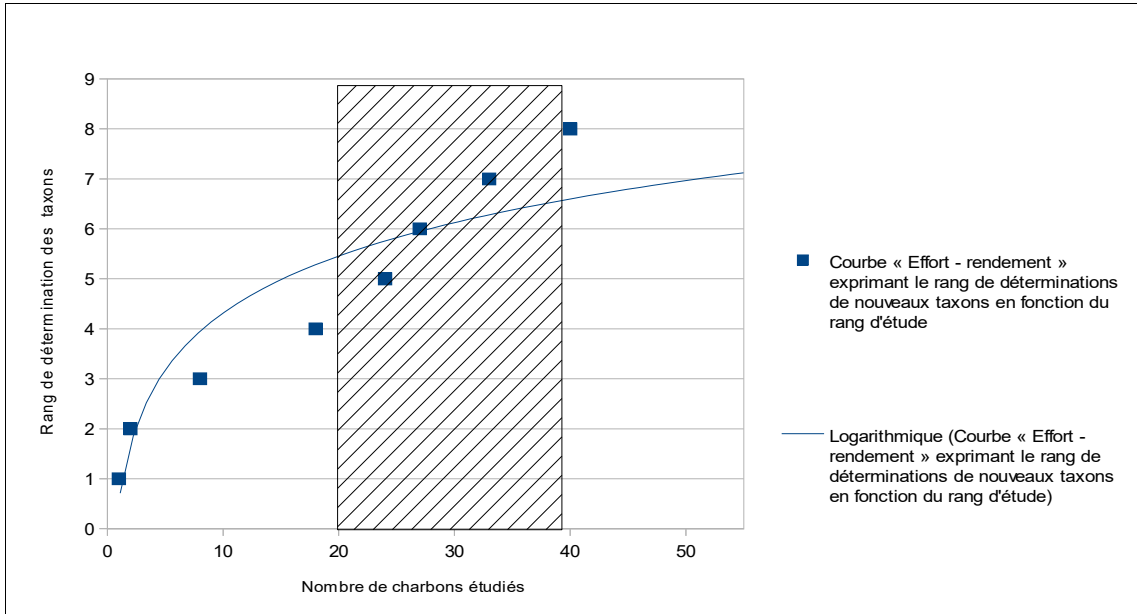


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°13 (F5, US 5-5). Dans cet exemple, le huitième taxon identifié (*Juglans sp.*) a été observé au 40e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 20 et 40 charbons.

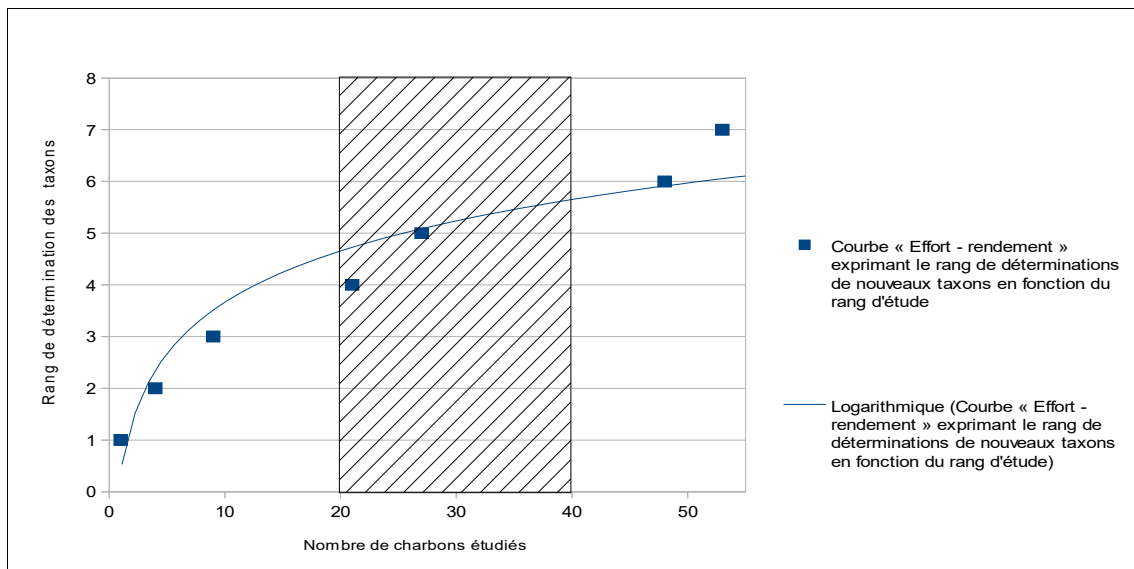


Fig. 3 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°7 (F7, US 7-2). Dans cet exemple, le septième taxon identifié (*Ericaceae*) a été observé au 53e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 20 et 40 charbons.

De façon générale, les prélèvements étudiés montrent assez peu de diversité (huit taxons maximum pour le prélèvement n°13). Or, les indicateurs calculés à partir des courbes « effort-rendement » sont basés sur la diversité taxonomique. En plus des identifications nous avons aussi procédé à des observations permettant de préciser la nature des ensembles anthracologiques : estimations des calibres, types de combustion, traces de découpes, de xylophages, etc... Les courbes « effort-rendement » étant basées sur la diversité taxonomique, nous n'avons donc pas jugé judicieux de nous baser exclusivement sur les seuils obtenus pour établir des effectifs d'échantillonnages représentatifs.

En concertation avec l'archéologue et en fonction de l'enveloppe allouée pour cette étude, nous avons choisi d'étudier les prélèvements de façon la plus exhaustive possible, en poussant l'observation jusqu'à environ 50 à 70 charbons par prélèvement.

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

2.1. Équipement d'observation

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



Fig. 4 - Détails du microscope équipé d'un dispositif en lumière incidente (Olympus BX60 à grossissements x50 à x1000). Laboratoire ArkéoMap.

2.2. Méthodologie

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

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

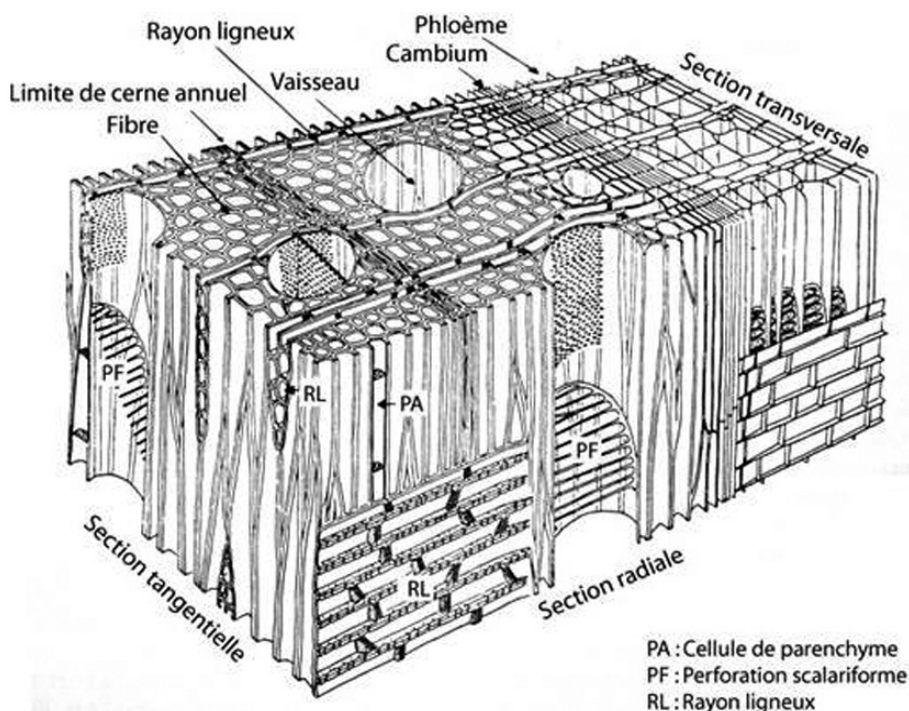


Fig. 5 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

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

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

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

- **le rythme de croissance**

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

- **la présence de thylles**

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

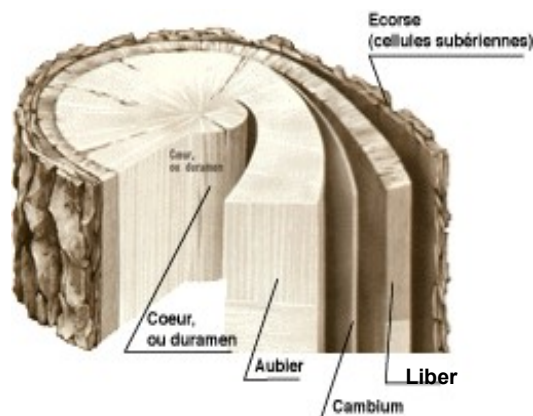
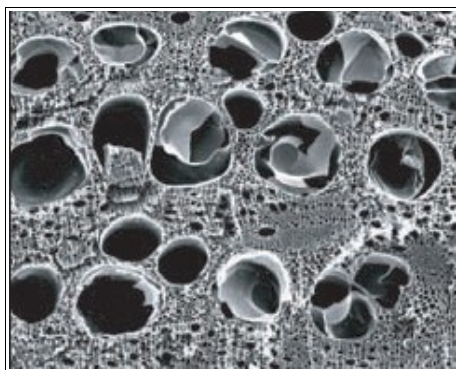
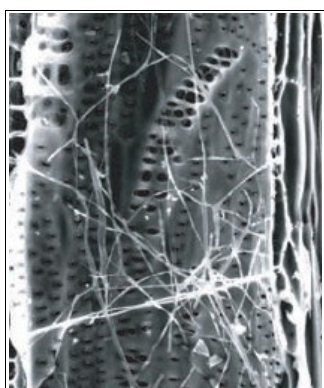


Fig. 6 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à la présence de thylles, des autres tissus dont l'aubier (thylles absents).

- 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.

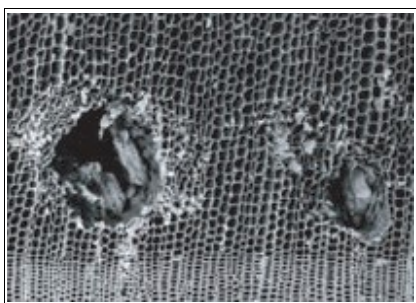
Fig. 7 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

- 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 (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.

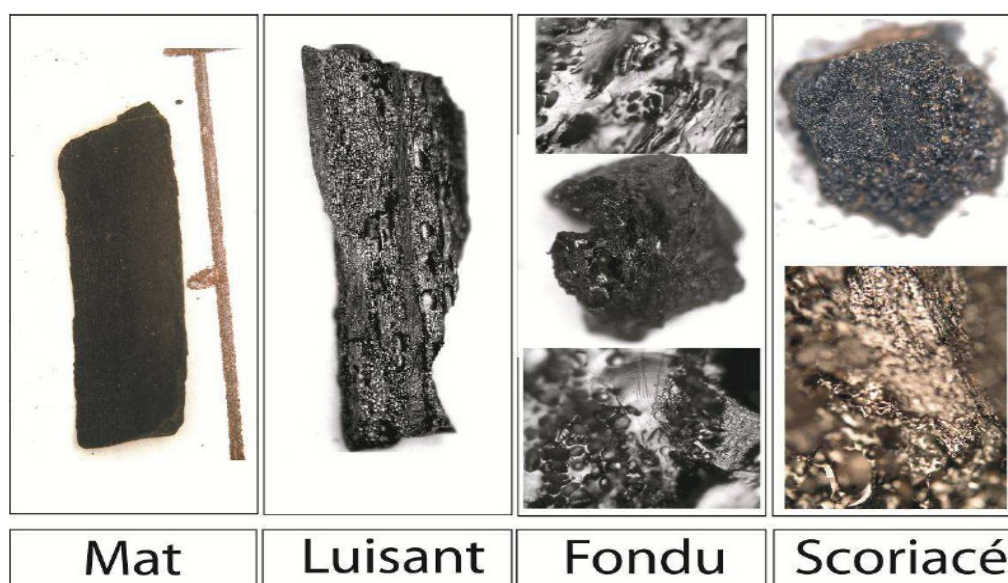
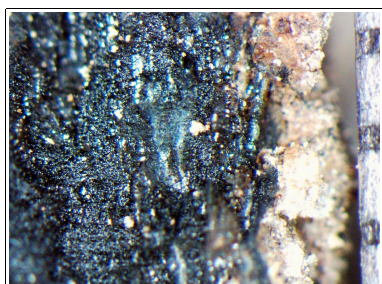


Fig. 10 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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. 11) a donc parfois été utilisé.

Fig. 11 – 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.

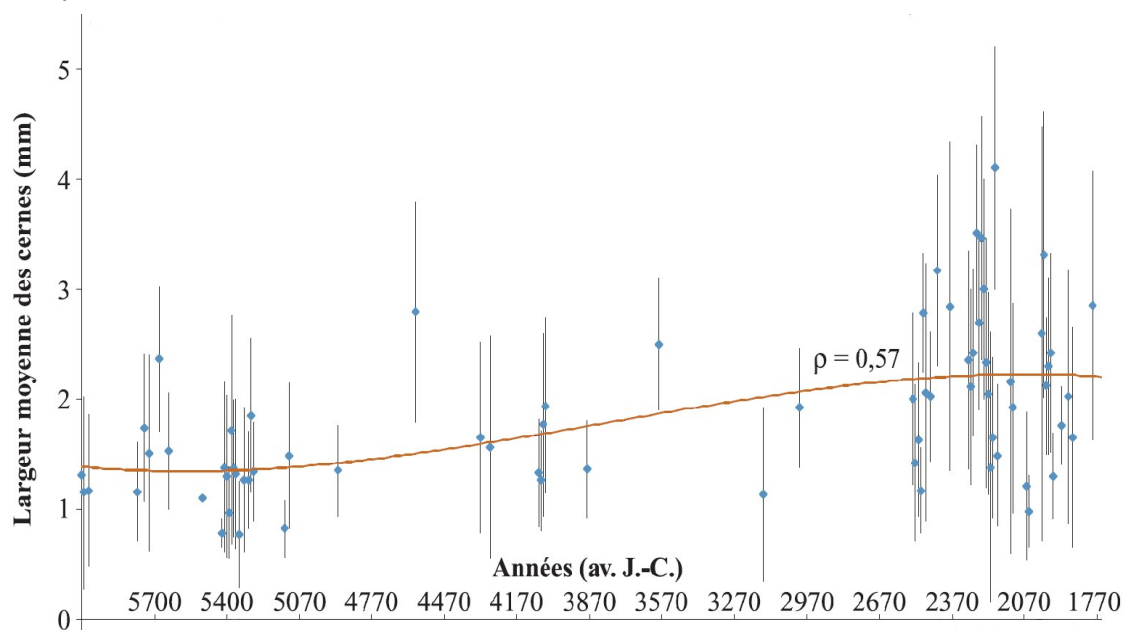


Fig. 12 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie *et al.*, 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 12). 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

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

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 13). 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.

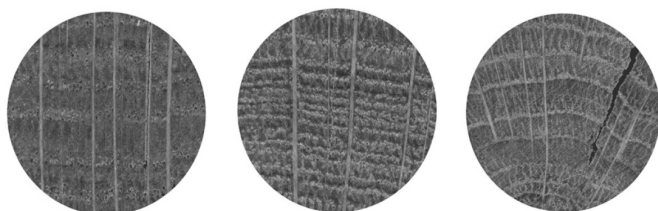


Fig. 13 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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. 14). 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. 14).

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).

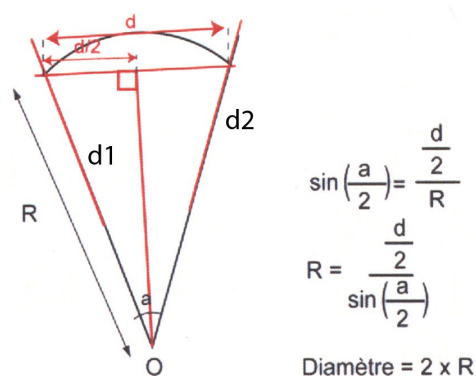


Fig. 14 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

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. 15, 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.

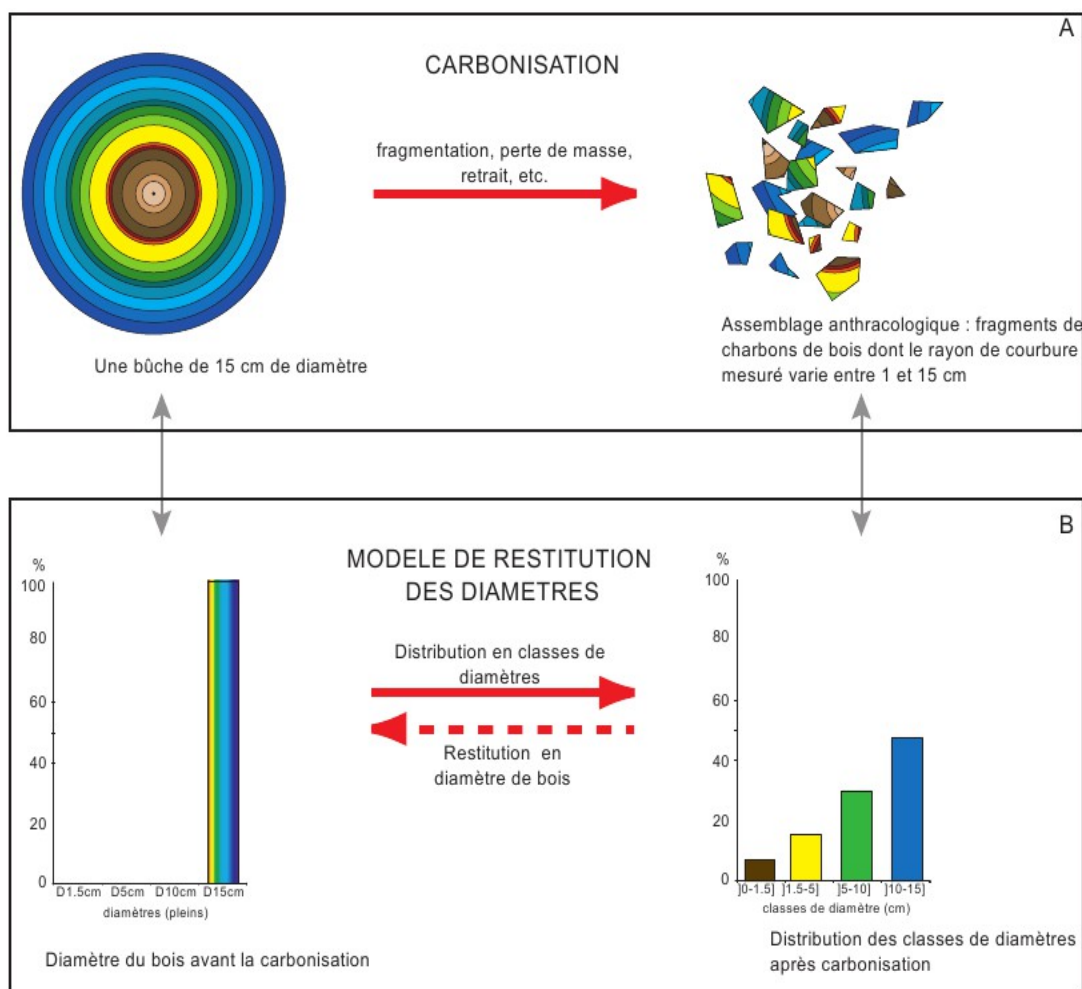


Fig. 15 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

Remarque : Dans le cadre de cette étude, une majorité de fragments provient de bois de petit calibre et il a parfois été possible d'identifier le centre de la tige (moelle). Dans ce cas, nous avons directement mesuré le rayon du fragment dans sa longueur maximale.

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

L'étude a permis de déterminer douze à quatorze taxons anthracologiques. La composition taxonomique des ensembles étudiés doit être interprétée en tenant compte de choix particuliers de combustibles. En effet, la diversité des essences 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. Il est identifié dans tous les prélèvements.

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

Le hêtre (*Fagus sp.*) est une espèce de forêt caducifoliée (chênaie – hêtraie) de large amplitude. Il appartient le plus souvent à des forêts fraîches et mûres. C'est une essence d'ombre en climat sec et de lumière en climat humide. Il offre un bois homogène sans duramen distinct se travaillant assez facilement. C'est un bois dur à fine écorce. Son utilisation est très variée : objets ménagers, manches d'outils, mobilier. Il peut aussi être utilisé dans la construction, mais plutôt pour les menuiseries intérieures car il est sensible à l'humidité. Il n'est pas adapté pour la structure d'une charpente, mais davantage pour l'ébénisterie, parquets, lambris, escaliers et pièces nécessitant un cintrage. Il constitue un excellent bois de chauffage et fournit un charbon très estimé. Toutefois, il peut être difficile à allumer, l'utilisation de petit bois provenant d'un arbre léger peut aider à l'allumage.



Le hêtre est décrit dans l'atlas du bois de Schweingruber (2011), comme un bois « peu abondant à relativement fréquent dans le matériel des couches archéologiques, en particulier sous la forme de copeaux. Rarement employé comme pieux, relativement fréquent dans les pièces coudées constituées par la ramification d'une branche avec le tronc ».

Fig. 16 – Représentation du hêtre (*Fagus sylvatica*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

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.

L'orme (*Ulmus sp*) soit l'orme champêtre (*Ulmus minor*), l'orme de montagne (*Ulmus glabra*) ou l'orme lisse (*Ulmus laevis*) correspondent de façon générale à des essences de boisements humides (forêts alluviales), forêts collinéennes fraîches, dans les haies, parfois dans les chênaies (chênaie-hêtraie) et végétations rudérales. Son feuillage peut être utilisé comme fourrage. C'est un bois qui est très apprécié pour ses qualités mécaniques et décoratives. Il fournit un bois de feu de première qualité et permet d'obtenir un charbon léger. Autrefois communes partout en plaine, les populations ont été fortement décimées par la graphiose au début du XXe siècle.

Les Prunoïdées dont le genre *Prunus sp.* (ex. merisier, prunier, 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). En plus des prunelliers, 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. 17 – Représentation du noisetier (*Corylus avellana*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

la famille des **Ericacées ou bruyères**, comprend de nombreux genres existant dans les contextes méditerranéens et collinéens. Ce sont des végétations arbustives généralement assez rustiques. En contexte collinéen ces bruyères sont détectées dans des formations de boisements clairs, de fourrés (landes-fourrés) appartenant à la série dynamique de la chênaie et de la chênaie-hêtraie. La formation de landes est le niveau dynamique où les bruyères sont le mieux représentées (souvent associées aux Fabacées de type genêt). Ces landes sont généralement la conséquence d'importants défrichements et de sur-exploitations des sols. D'autres contraintes (vents, pauvreté des sols, mauvaises expositions, piétements, activités pastorales) peuvent aussi contribuer à la stabilisation de ces formations végétales. De façon générale, ces landes sont caractérisées par une forte inflammabilité et combustibilité.

Les bruyères telles que la callune (*Calluna vulgaris*), la bruyère cendrée (*Erica cinerea*), ou la bruyère ciliée (*E. ciliaris*), (...) participent fortement à ces formations ouvertes : landes rases et boisements clairs, landes-fourrés mais aussi tourbières, lisières forestières (chênaies et hêtraies), pelouses. Les bruyères constituent un bois dur se travaillant et se polissant bien. C'est aussi un bon bois de chauffage, il peut fournir un excellent charbon de bois (Rameau *et al.*, 2008).

Le **saule** (*Salix sp.*), le **peuplier** (*Populus sp.*) et l'**aulne** (*Alnus sp.*) sont des essences vivant dans des contextes humides tels que les bordures de rivières, les berges des lacs et zones alluviales. Ils sont souvent associés au noisetier et bouleau. 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.

Quelques fragments de **vigne** (*Vitis sp.*) ont été identifiés dans le prélèvement n°7 (Fig. 18). Ce sont des plantes grimpantes, ligneuses, des régions au climat tempéré ou de type méditerranéen. L'essence a pu être cultivée. A l'état naturel, c'est une espèce rare que l'on trouve principalement dans les vallées des grands fleuves, ripisylves, bois humides. Son implantation n'est donc pas complètement inattendue à proximité de la vallée du Rhône.

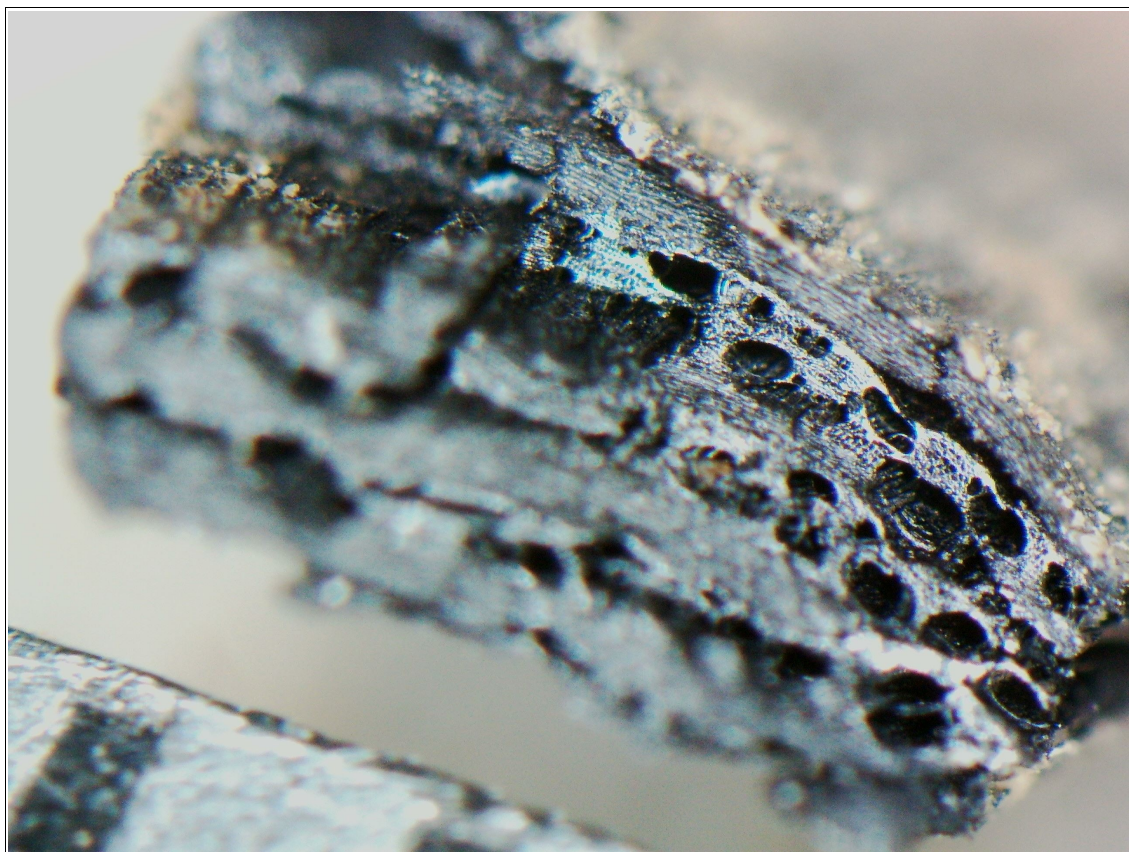


Fig. 18 – Fragment de vigne (*Vitis sp.*) de forte courbure de cerne. Coupe transversale. Grossissement x39. Prélèvement n°7. L'échelle représente des millimètres.

Le noyer (*Juglans sp.*) est un taxon de climat assez doux qui reste sensible aux gelées du nord de la France. C'est une espèce héliophile et mésophile à méso-hygrophile. Il serait originaire des Balkans et aurait été planté un peu partout en France depuis l'époque gallo-romaine. Il serait « subspontané » dans les zones alluviales (Rameau et al., 1989). Néanmoins, on le trouve régulièrement dans les études polliniques parfois de façon très ancienne. Il a parfois été cultivé pour ses noix à amandes comestibles. Il fournit un bois de densité moyenne à forte donnant un bon combustible et un charbon estimé.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les ensembles anthracologiques correspondent aux comblements de quatre silos et d'un foyer.

Les cinq ensembles ont été analysés séparément. Après une description des différentes compositions anthracologiques, nous envisageons de comparer les résultats dans le chapitre « Bilan » (chapitre 4), afin de détecter d'éventuelles différences au niveau des aires de collecte de bois, mais aussi en termes de fonctionnement des combustions (ex. bois d'allumage et bois utilisé pour l'entretien de la combustion, qualité du bois employé...).

3.1. Prélèvement n°06, Structure de type « Foyer », Fait F2, US 2-2.

a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Moelle
g. de brindille indéterm	9	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	3
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Prunus sp.	6	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0
Quercus/Castanea	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	19	0	0	19	0	0	2	1	0	0	0	4
	40	0	0	25	0	0	3	3	0	0	1	7

Fig. 19 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°06, Fait F2, US 2-2, refus de tamis de maille 2 mm.

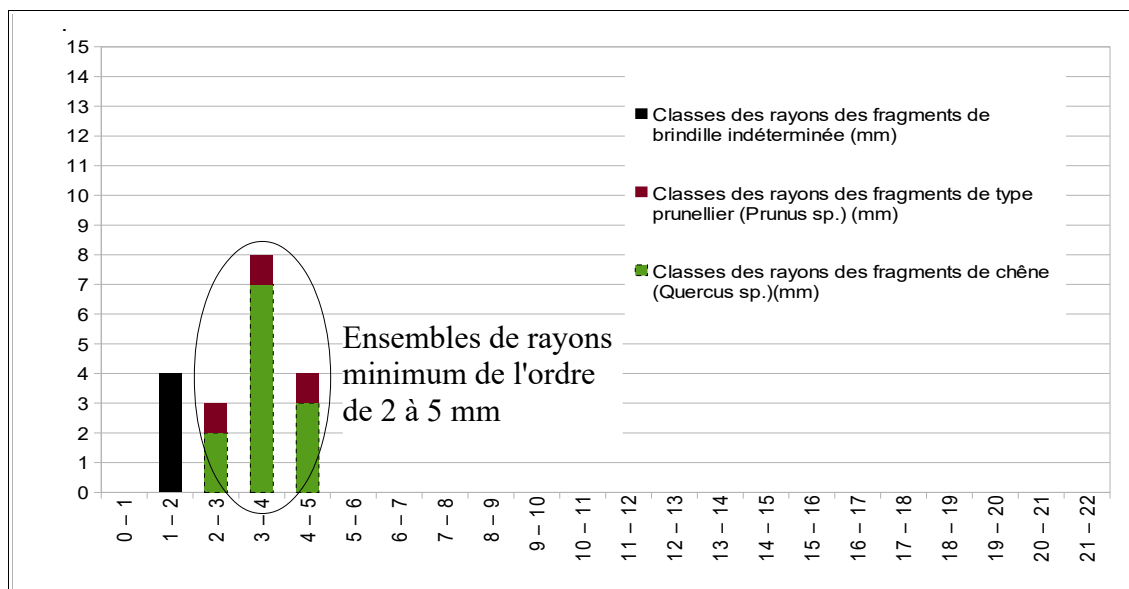


Fig. 20 – Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales (mm) calculées pour les fragments de chêne, Prunus, brindilles, par classe de 1 mm, pour le prélèvement n°6.

b. Interprétations

Seulement deux à trois taxons anthracologiques ont été identifiés pour ce prélèvement du foyer F2. Ce sont essentiellement des charbons de chêne ou de chêne-châtaigner (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*). Toutefois, l'hypothèse de la présence du châtaignier est peu probable. Le taxon anthracologique « chêne-châtaigner » est surtout lié à la difficulté de distinguer le chêne du châtaignier pour les petits fragments (cf. note à ce sujet chapitre 2.5.). Pour vérification, des fragments de taille inférieure à 2 mm ont été observés, mais n'ont pas permis d'identifier d'autres essences (Fig. 19 et 21).

Quelques fragments du genre *Prunus* ont aussi été observés.

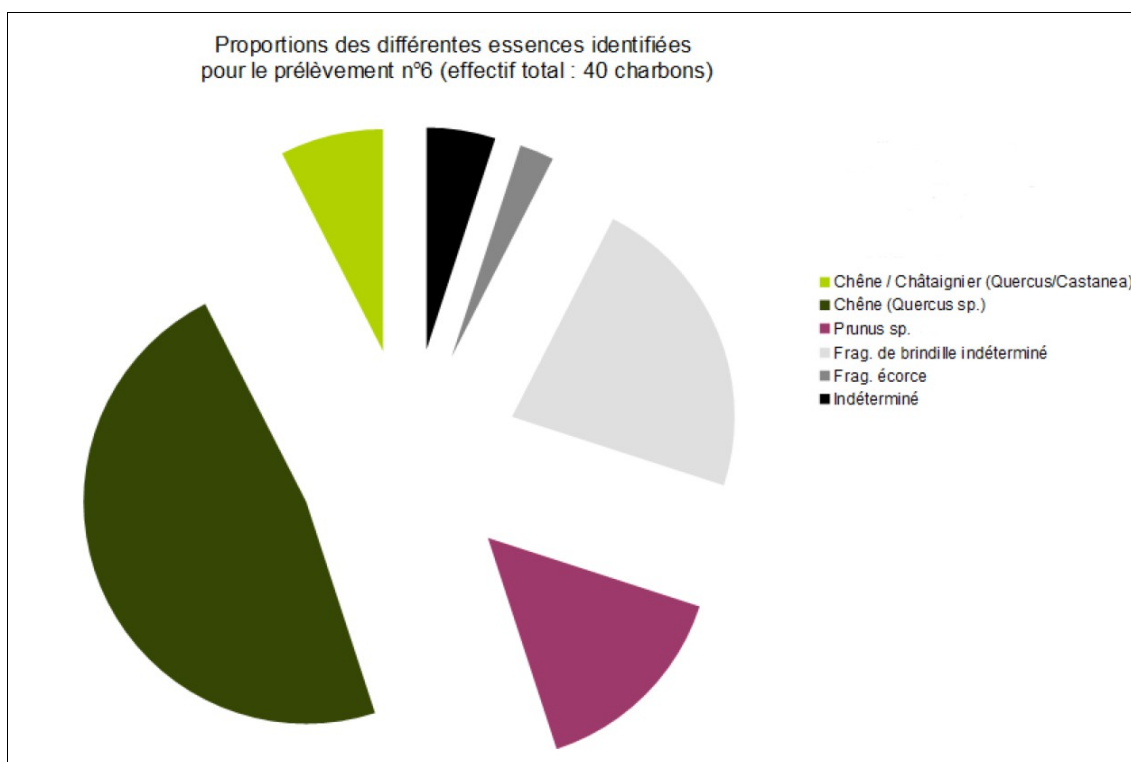


Fig. 21 – Représentation sous la forme d'un « camembert éclaté » des proportions des différents taxons identifiés pour le prélèvement n°6.

Le fait marquant de cet ensemble réside dans l'emploi exclusif de bois de petit calibre. 100% des charbons ayant pu faire l'objet d'estimation de courbures de cerne montrent des charbons provenant de bois de petites branches et de brindilles.

Des estimations de rayons minimum ont pu être réalisées sur une vingtaine de fragments de section entière ou partielle. Les histogrammes montrent principalement l'emploi de petit bois de chêne d'environ 4 à 5 mm de rayon (Fig. 20).

En l'absence de fragments provenant de bois de moyen à gros calibre, on peut supposer qu'il s'agit des restes de combustions vives mais brèves.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, la proportion de charbons d'aspect luisant est aussi très faible (moins de 10% des charbons). Les combustions ne semblent donc pas relever de conditions particulièrement chaudes ni réductrices. On peut supposer des fragments issus de combustions de type « foyer ouvert ».

3.2. Prélèvement n°13, Structure de type « Silo », Fait F5, US 5-5.

a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Aspect granuleux - indet.	Moelle
Alnus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corylus avellana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ericacée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
g. de brindille indéterm	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Frag. écorce	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Juglans sp.	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	3	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	11	0	1	8	0	0	0	1	0	0	1	0	1
Quercus sp.	23	0	4	16	1	0	1	1	0	0	0	0	3
Salix/Populus	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salix sp.	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulmus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	55	0	9	32	1	0	1	3	0	0	1	2	5

Fig. 22 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°13 du Fait F5, US 5-5, refus de tamis de maille 2 mm.

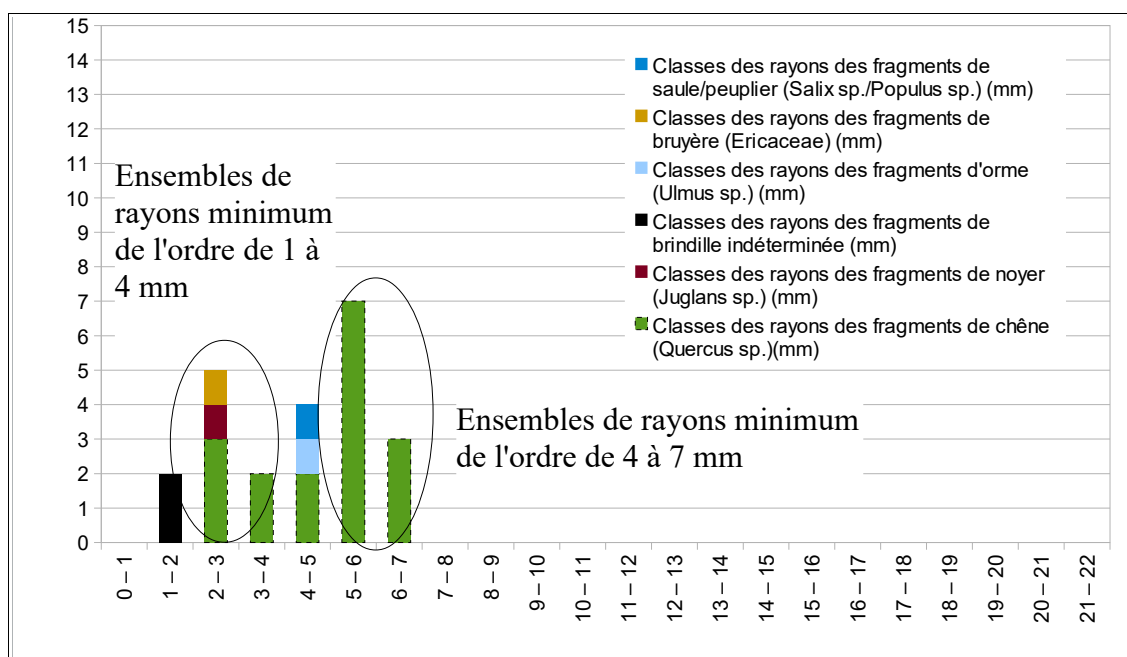


Fig. 23 – Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales (mm) calculées pour les fragments de chêne, orme, noyer, saule/peuplier, bruyère par classe de 1 mm, pour le prélèvement n°13.

b. Interprétations

55 charbons ont été observés pour le prélèvement n°13. Les analyses révélèrent un ensemble assez diversifié avec huit à dix taxons anthracologiques.

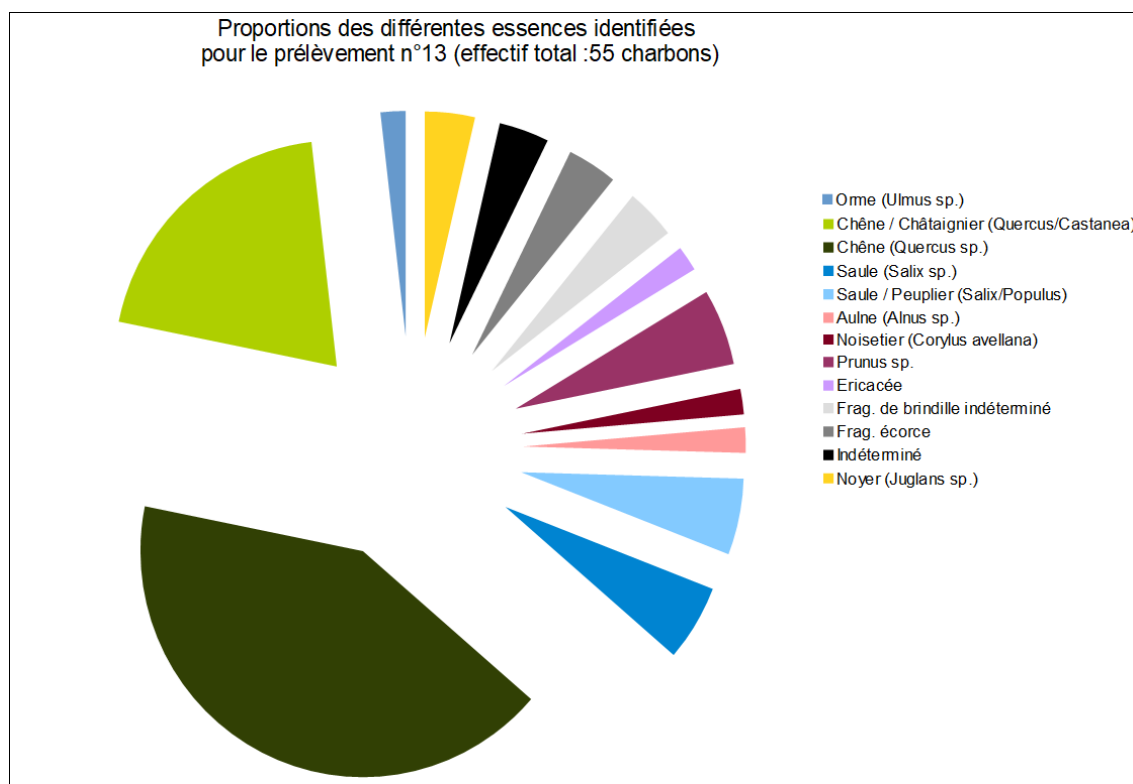


Fig. 24 – Représentation sous la forme d'un « camembert éclaté » des proportions des différents taxons identifiés pour le prélèvement n°13.

On constate par ordre d'importance des fragments de chêne et chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*), de saule-peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*), du genre *Prunus*, d'aulne (*Alnus sp.*), d'orme (*Ulmus sp.*), de noisetier (*Corylus avellana*), de bruyère (*Ericaceae*) et de noyer (*Juglans sp.*) (Fig. 22 et 24).

L'écologie de ces différentes essences montre des collectes de bois à la fois dans des formations forestières (chêne), des boisements clairs ou de lisières (noisetier, *Prunus*) mais aussi dans des boisements humides (aulne, saule-peuplier).

L'observation des courbures de cerne montre l'emploi surtout de bois de petit calibre et dans une moindre mesure de calibre intermédiaire (grosses branches ou petits troncs). En effet, les fragments de courbure « forte » représentent environ 80% des charbons mesurés (Fig. 22).

Quelques mesures de calibration ont été réalisées montrant l'utilisation de bois de 4 à 7 mm de rayon environ (Fig. 23). Notons toutefois que le caractère très fragmenté des charbons (quelques millimètres) n'a pas toujours permis de procéder à des mesures d'angles nécessaires aux calculs de calibration. Ce caractère très fragmenté avantage les mesures des bois de petit calibre.

Le chêne, mais aussi le noyer et l'orme sont qualifiés de bois denses et constituent des combustibles de qualité. En effet, ils génèrent des braises livrant beaucoup d'énergie dans la durée. Toutefois, ils peuvent être difficiles à enflammer, d'où l'emploi d'essences de bois plus « tendres » telles que le noisetier, le saule-peuplier, l'aulne pour démarrer les combustions. Notons aussi que l'emploi de bois

de petit calibre a dû faciliter les combustions. On peut d'ailleurs supposer que l'utilisation de bois de petit calibre a dû générer des combustions assez intenses mais brèves.

Les charbons n'ont pas montré d'aspects particulièrement luisants, ni fendus. On peut donc supposer que les fragments sont plutôt issus de bois secs (non verts) et de combustions de type « foyers ouverts » (conditions aérobies).

Afin de caractériser le type de ramassage, un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué sur la composition anthracologique. Huit taxons ont été retenus pour effectuer le calcul. (Fig. 25).

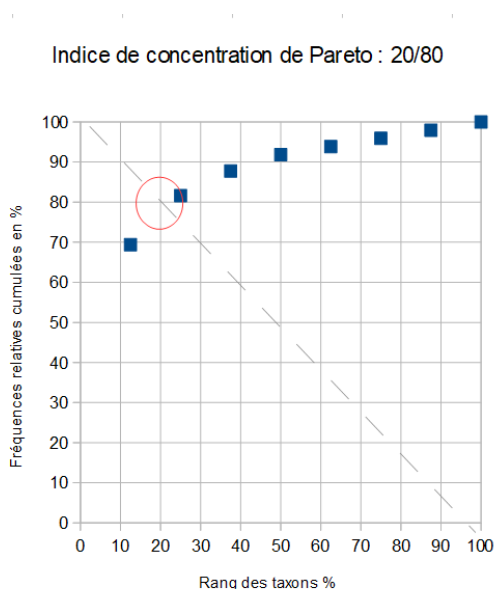


Fig. 25 – Graphiques exprimant l'indice de concentration de Pareto calculé sur les compositions anthracologiques du prélèvement n°13, soit 49 charbons pris en compte. Remarque : les charbons de chêne, chêne-chataignier et saule, saule-peuplier ont été rassemblés.

Le principe du calcul de l'indice de concentration de Pareto 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). De nombreux travaux ont montré que l'exploitation du combustible ligneux, notamment en contexte domestique est, en moyenne, peu sinon pas sélective (Chabal, 1994, 1997, Théry, 1998). Dans ces cas, l'indice de concentration de Pareto tend à se rapprocher du rapport d'équilibre constaté en théorie dans la nature.

Pour la composition anthracologique en présence, même si la diversité anthracologique est assez faible (huit taxons), le graphique montre que le rapport d'équilibre est assez proche de celui attendu en théorie dans la nature (Fig. 25).

Si l'on en croit cet indice, les compositions anthracologiques constatées sont donc probablement issues de ramassages de « tout venant », peu sélectifs, ce qui serait plutôt à rapprocher d'usages domestiques. L'utilisation d'essences de combustibilité assez médiocre (bruyère, écorce, brindilles) aurait aussi tendance à renforcer cette hypothèse.

3.3. Prélèvement n°10, structure de type « Silo », Fait F6, US 6-4.

a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						Thylle	Trace de travail	Moelle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Aspect granuleux - indet.				
Corylus avellana	8	0	1	7	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	1	2
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Quercus/Castanea	5	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	61	1	42	15	27	11	3	20	8	0	1	0	23	0	1	3
	75	1	44	24	27	11	3	24	8	0	2	1	23	1	3	

Fig. 26 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°10 du Fait F6, US 6-4, refus de tamis de maille 2 mm.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	27	78	2,42	0,79	1	4,33

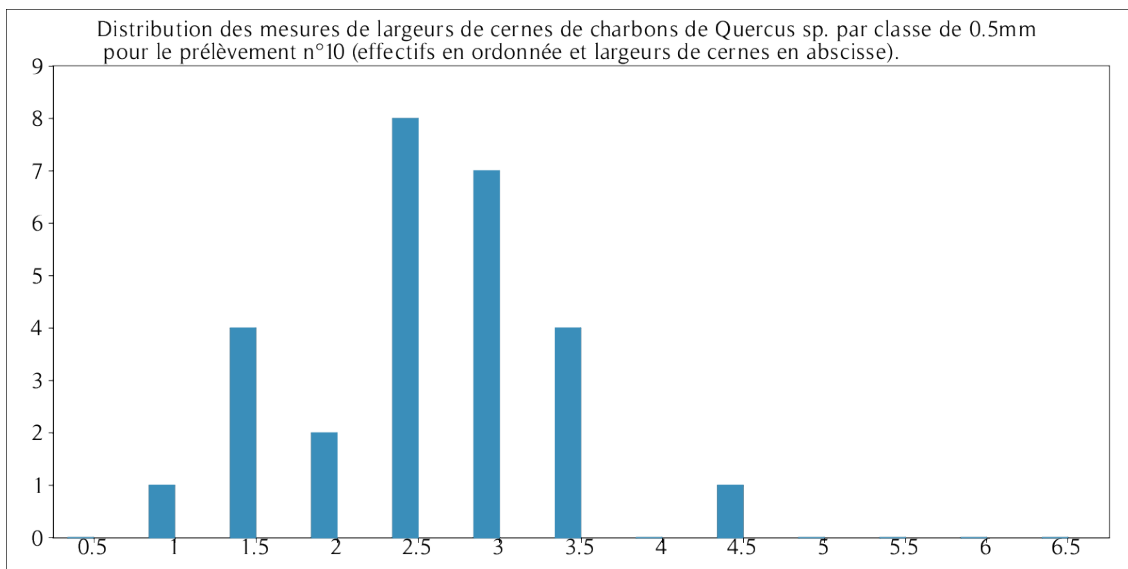


Fig. 27 – Tableau et histogramme de distribution des mesures de largeurs de cerne (mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°10, Structure F6.

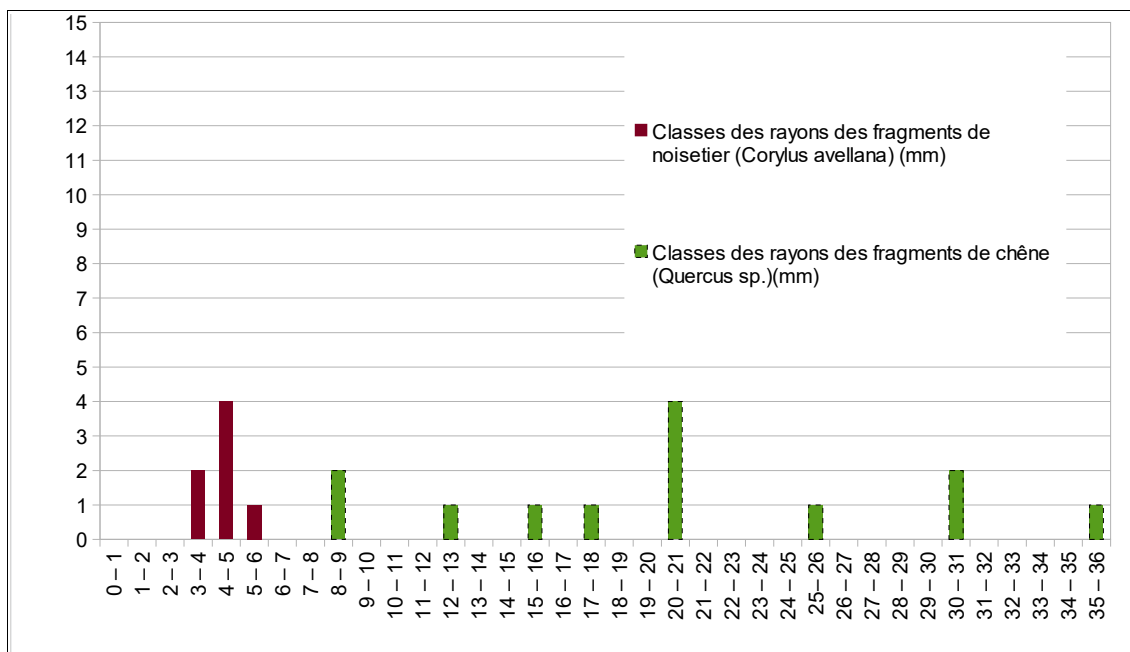


Fig. 28 - Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales calculées pour les fragments de chêne et de noisetier par classe de 1 mm, pour le prélèvement n°10.

b. Interprétations

Seulement deux taxons anthracologiques ont été observés dans le comblement du silo F6. Il s'agit majoritairement du chêne, chêne-châtaignier et dans une moindre mesure, du noisetier (Fig. 29).

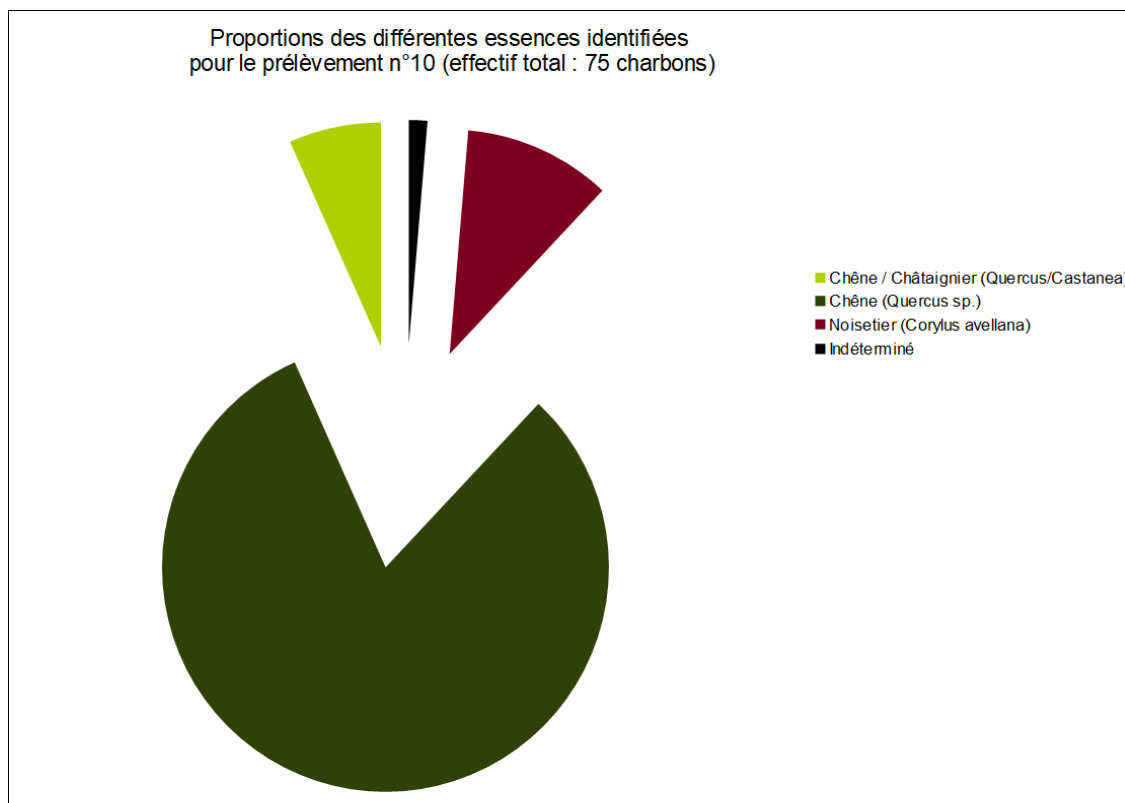


Fig. 29 – Représentation sous la forme d'un « camembert éclaté » des proportions des différents taxons identifiés pour le prélèvement n°10.

L'observation des courbures de cerne montre principalement l'emploi de bois de moyen calibre (grosses branches ou petits troncs). En effet, les fragments de courbure « intermédiaire » représentent environ les deux tiers des charbons mesurés (64%) (Fig. 26). Notons toutefois que le caractère très fragmenté des charbons (quelques millimètres tout au plus) a rendu très difficile les mesures d'angles nécessaires aux calculs de calibration. Une vingtaine de fragments seulement a pu faire l'objet de mesures. Les calculs ont permis d'estimer l'utilisation de petit bois de noisetier (rayon de l'ordre de 5 mm) et des bois de chêne de l'ordre de 20 à 35 mm de rayon (Fig. 28). Au regard des faibles effectifs étudiés, il faut considérer ces résultats avec précaution.

Le bois de chêne est un bois dense, générant des braises avec beaucoup d'énergie et dans la durée. C'est un excellent combustible mais il peut être difficile à enflammer, d'où probablement la présence du noisetier comme bois d'allumage.

De façon générale, les charbons montrant des fentes de retrait sont en faibles quantités (environ 10%). Ces observations caractérisent un bois brûlé à l'état sec (non vert). Ce constat implique une sélection du bois lors de la collecte, peut-être aussi un stockage préalable à l'emploi.

La proportion de fragments d'aspect luisant reste faible mais non négligeable avec environ un tiers des charbons (Fig. 26). Les charbons semblent donc provenir de combustions plutôt aérobies avec des températures modérées. Les aspects luisants observés peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et réductrices localisées (Blazot *et al.*, 2004). On peut par exemple évoquer des contextes de combustion de « fond de foyer ».

Des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne de courbure faible et intermédiaire ont permis de calculer une moyenne de 2,42 mm / an avec un écart-type de l'ordre de 0,79 mm (Fig. 27). Cette moyenne est caractéristique de contextes de croissance favorable, probablement un boisement clair, une lisière forestière ou une haie ? L'histogramme de répartition des valeurs montre une distribution unimodale, avec un mode situé autour de 2,5 mm. Ce type de distribution montre que les fragments proviennent d'une collecte bien circonscrite ou d'une même source d'approvisionnement (un même bois?).

3.4. Prélèvement n°07 et n°16, structure de type « Silo », Fait F7, US 7-2 et 7-4.

a. Résultats

- Prélèvement n°07, US 7-2

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						Thylle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Jur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. inform		
Betula sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carpinus betulus	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ericacée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Prunus sp.	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	8	0	0	5	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
Quercus sp.	35	0	20	9	13	4	2	12	2	0	0	0	0	12
Vitis sp.	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	54	0	21	18	13	4	3	15	2	0	1	1	1	12

Fig. 30 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°07 du Fait F7, US 7-2, refus de tamis de maille 2 mm.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	13	49	0,98	0,31	0,4	1,58

Fig. 31 – Tableau des mesures de largeurs de cerne (mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°7, Structure F7.

- Prélèvement n°16, US 7-4

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						Thylle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Jur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Aspect granuleux - indet.		
Carpinus betulus	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. de brindille indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Frag. écorce	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	10	0	2	6	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1
Quercus sp.	41	0	23	13	17	6	3	15	6	0	1	1	1	21
	67	0	26	23	17	6	4	18	6	0	3	1	1	22

Fig. 32 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°16 du Fait F7, US 7-4, refus de tamis de maille 2 mm.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	16	64	1,24	0,73	0,33	2,69

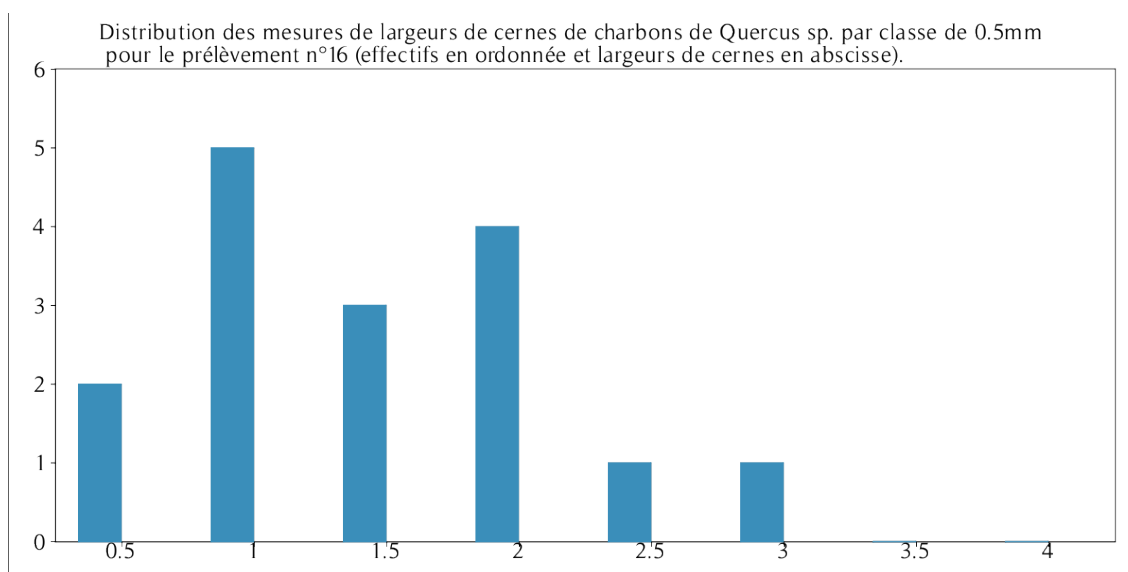


Fig. 33 – Tableau et histogramme de distribution des mesures de largeurs de cerne (mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°16, Structure F7.

b. Interprétations

Les deux prélèvements étudiés proviennent de deux US de comblement d'un même silo (structure F7).

Les deux ensembles montrent beaucoup de similitudes dans leurs compositions. On peut supposer que les rejets charbonneux sont issus d'une seule ou de mêmes « types » de combustions (mêmes activités).

Le chêne et chêne-châtaigner sont les essences majoritaires dans les deux prélèvements (Fig. 34). On constate ensuite par ordre d'importance le charme (*Carpinus betulus*), le hêtre (*Fagus sylvatica*) et le genre *Prunus*, identifiés à la fois dans les deux prélèvements. En revanche, des charbons de vigne (*Vitis sp.*), de bouleau (*Betula sp.*) et de bruyère (*Ericaceae*) sont identifiés uniquement dans le prélèvement n°7 (US 7-2).

Les bois « denses » tels que le chêne, le hêtre, le charme ont dû être utilisés pour alimenter les combustions. Les bois plus tendres (bouleau) et de petit calibre (*Prunus sp.*, bruyère, vigne) ont dû faciliter l'allumage de la combustion.

Légende	Prélèvement n°7 – Silo F7, US 7-2	Prélèvement n°16 – Silo F7, US 7-4
<ul style="list-style-type: none"> ■ Chame (Carpinus betulus) ■ Hêtre (Fagus sylvatica) ■ Chêne / Châtaignier (Quercus/Castanea) ■ Chêne (Quercus sp.) ■ Bouleau (Betula sp.) ■ Prunus sp. ■ Ericacée ■ Frag. de brindille indéterminé ■ Frag. écorce ■ Indéterminé ■ Vigne (Vitis sp.) 		
Nombre de charbons étudiés.	54	67
Diversité (dont chêne-châtaignier)	8	5
Indices de concentration de Pareto :	<p>Chêne et chêne-châtaignier réunis. Indéterminés et brindilles exclus. 52 charbons, 7 taxons.</p>	<p>Chêne et chêne-châtaignier réunis. Indéterminés et brindilles exclus. 49 charbons, 4 taxons.</p>
	Même si les diversités anthracologiques sont assez faibles (4 et 7 taxons), les graphiques montrent que les rapports d'équilibre sont assez proches de ceux attendus en théorie dans la nature. <u>Cela serait plutôt caractéristique de ramassages de « tout venant ».</u>	
Courbures des cernes	Forte : 46% Intermédiaire : 54% Faible :	Forte : 47% Intermédiaire : 53% Faible :
Fréquences des charbons d'aspect « luisant »	35,00%	40,00%
Fréquences des charbons avec fentes de retrait	11,00%	19,00%
Moyennes de largeurs de cerne (mm)	Moyenne = 0,98 mm (N=13 ; Ec-type = 0,31 mm)	Moyenne = 1,24 mm (N=16 ; Ec-type = 0,73 mm)

Fig. 34 – Tableau synthétisant les principales caractéristiques (proportions des différentes essences, diversités, courbures des cernes, aspects luisants, aspects fendus) pour les compositions anthracologiques des prélèvements n°7, US 7-2 (à gauche) et prélèvement n°16, US 7-4 (à droite).

L'observation des courbures de cerne montre l'emploi de bois de moyen calibre, probablement de « grosses branches » (un peu plus de 50% des charbons sont de courbure « intermédiaire »).

La proportion de fragments d'aspect luisant reste plutôt faible mais non négligeable avec un peu plus d'un tiers des charbons (Fig. 34). Les aspects luisants observés peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et réductrices localisées (Blaizot *et al.*, 2004). Les charbons semblent donc provenir de combustions globalement aérobies, mais pourraient avoir été soumis à de fortes températures et/ou provenir de contextes anaérobies localisés, tels que des combustions de « fond de foyer » par exemple. Il s'agit probablement de combustions « assez importantes » en terme de quantité de combustible.

De façon générale, les charbons montrant des fentes de retrait sont en faible proportion (environ 11 % à 19%). Ces observations sont caractéristiques d'un bois brûlé à l'état sec (non vert) et possiblement stocké préalablement à son utilisation.

Afin de caractériser le type de ramassage, des calculs de l'indice de concentration de Pareto ont été effectués sur les deux compositions anthracologiques. (Fig. 34). Même si les diversités anthracologiques sont assez faibles (quatre et sept taxons), les graphiques montrent que le rapport d'équilibre est assez proche de celui attendu en théorie dans la nature (20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse) (Fig. 25). Si l'on en croit cet indice, les ensembles charbonneux sont caractéristiques de ramassages de « tout venant », peu sélectifs, plutôt associés aux usages domestiques. La détection de quelques essences (vigne, bruyère) et des fragments de brindilles, combustibles médiocres, tendraient aussi à renforcer cette hypothèse.

Enfin, quelques mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur une vingtaine de fragments de chêne permettant de calculer des moyennes de l'ordre de 1 mm / an à 1,2 mm / an (Fig. 34). Ces moyennes sont caractéristiques de contextes de croissance difficiles, peut-être des environnements contraignants (sols pauvres, mal exposés) ou des milieux soumis à des compétitions inter- ou intraspécifiques vis-à-vis des ressources naturelles (ex. un boisement dense). Compte tenu des faibles effectifs mesurés, il faut considérer ces résultats avec précaution.

3.5. Prélèvement n°26, structure de type « Silo », Fait F8, US 8-3.

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.			
Carpinus betulus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Indéterminé	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0
Prunus sp.	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	12	0	2	6	0	0	1	2	0	0	0	0	3	0	0
Quercus sp.	27	0	12	9	9	3	4	3	2	0	1	0	3	0	0
	45	0	15	17	9	3	5	6	2	0	2	2	6	1	0

Fig. 35 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°26 du Fait F8, US 8-3, refus de tamis de maille 2 mm.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	9	22	1,21	0,25	0,98	1,8

Fig. 36 – Tableau des mesures de largeurs de cerne (mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°26, Structure F8.

b. Interprétations

Trois à quatre taxons anthracologiques ont été identifiés pour cet ensemble provenant du comblement du silo F8. Il s'agit par ordre d'importance de fragments de chêne (*Quercus sp.*), de chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*), du genre *Prunus* et de charme (*Carpinus sp.*).

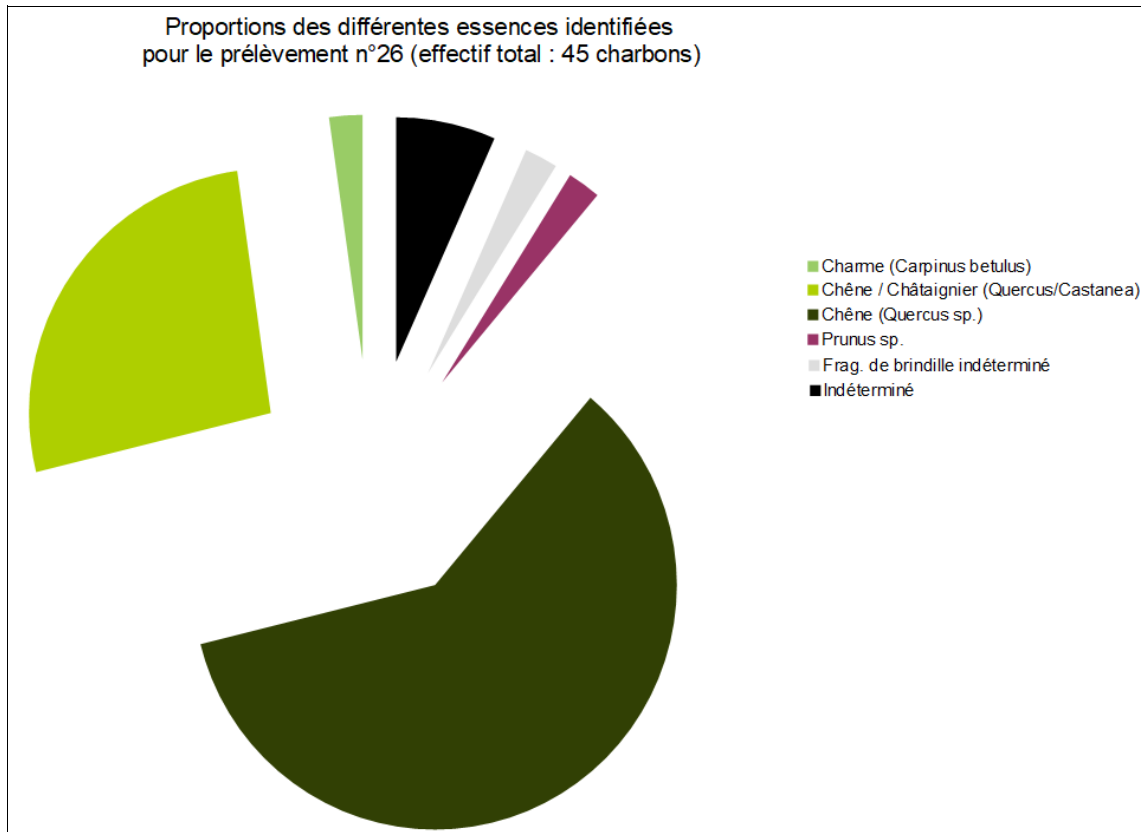


Fig. 37 – Représentation sous la forme d'un « camembert éclaté » des proportions des différents taxons identifiés pour le prélèvement n°26 du silo F8.

Le chêne et le charme sont des bois denses, générant des braises avec beaucoup d'énergie et dans la durée. Ces deux essences ont été employées pour alimenter les combustions. Quelques charbons de *Prunus* sont aussi détectés. Ce bois est généralement employé dans la phase d'allumage des combustions.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, la proportion de charbons montrant des aspects luisants et/ou fendus est faible (environ 20%) (Fig. 35). L'hypothèse de charbons issus de combustions en contextes ouverts (ex. foyer) est la plus probable. Les aspects luisants observés sur certains charbons relèvent probablement d'effets localisés, peut-être en fond de foyer. Les charbons montrant des fentes de retrait sont aussi en très faibles proportions (environ 20%) (Fig. 35) ce qui caractérise un bois brûlé à l'état sec (non vert).

En ce qui concerne le calibre du bois, l'observation des courbures de cerne montre l'emploi de bois de calibre intermédiaire (grosse branche ou petit tronc). En effet, les fragments de courbure « intermédiaire » représentent environ la moitié des fragments mesurés (Fig. 36). Notons toutefois que le caractère très fragmentaire des charbons a rendu les calculs de calibration très difficiles. Les quelques mesures réalisées ont permis des estimations de rayons minimum de l'ordre de 10 à 17 mm sur quelques fragments de chêne, mais les effectifs mesurés sont très faibles (une dizaine de charbons tout au plus).

Quelques mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur une dizaine de fragments de chêne permettant de calculer une moyenne d'environ 1,21 mm / an (Fig. 18). Cette moyenne est caractéristique de contextes de croissance difficiles, probablement un environnement contraignant (sols pauvres, mal exposés) ou un boisement dense. Au regard des faibles effectifs mesurés, il faut interpréter ce résultat avec précaution.

Il est intéressant de noter que cet ensemble charbonneux a de nombreuses similitudes avec les compositions anthracologiques du silo F7. En effet, même si la diversité est moindre, on constate des similitudes au niveau des essences employées, notamment le charme, mais aussi des proportions semblables en ce qui concernent les calibres des bois utilisés (calibre intermédiaire), des combustions interprétées (type foyer ouvert) et du type de bois utilisé (bois sec). Les ensembles charbonneux retrouvés dans les comblements des silos F7 et F8 pourraient donc potentiellement être des rejets d'une même combustion ou de combustions relevant d'activités semblables.

4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Un peu plus de 330 fragments ont été observés pour les six prélèvements (Fig. 1).

On a constaté des ensembles assez différents entre les prélèvements provenant du foyer F2, des silos F5 et F6. En revanche, les prélèvements du silo F7 et F8 sont apparus assez semblables.

4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental

Douze à quatorze taxons anthracologiques ont été identifiés dans cette étude.

Il est bien sûr difficile d'interpréter directement les compositions anthracologiques en termes de paléo-paysages, car les proportions de chaque essence sont avant tout liées aux aléas des aires de ramassages mais aussi aux usages du combustible. Dans le cadre de cette étude, des choix techniques en rapport avec la qualité de combustibilité du chêne, du hêtre et du charme ou bien des choix orientés vers des bois durs de petit calibre sont probables.

L'identification des taxons ligneux permet toutefois de proposer différentes associations écologiques (Rameau *et al.*, 1989) (Fig. 38) :

- **Les groupement forestier de la chênaie diversifiée** avec le chêne, (chêne-châtaignier) et le charme,
- **le groupement de la chênaie-hêtraie** avec le chêne, (chêne-châtaignier) et le hêtre,
- **les boisements clairs, lisières forestières et haies** : avec la détection de charbons du genre *Prunus* (ex. Prunellier), de noisetier, de bouleau,
- **les boisements humides** (zone alluviales) avec l'aulne, le saule, (saule-peuplier), l'orme, voire le bouleau et le noisetier,
- **les formations de friches, fruticées, landes, fourrés** peuvent être suggérées par la détection des bruyères, du genre *Prunus*, voire du noisetier et du bouleau,
- **des plantations potentielles de vigne et de noyer**, même si des formes subsponsanées dans certaines forêts ripicoles (ex. en zone alluviale) sont possibles.

Remarque : Le noisetier et le bouleau sont des essences pionnières que l'on va retrouver à la fois dans les boisements clairs, en lisières forestières, dans les haies, mais potentiellement aussi dans les espaces en déprise agricole, dans les fourrés arbustifs. Ce sont des essences ubiquistes pouvant aussi s'accommoder de conditions humides.

















	PR6, Fait F2 (type foyer), US 2-2	PR13, Fait F5 (type silo), US 5-5	PR10, Fait F6 (type silo), US 6-4	PR07 et PR16, Fait F7 (type silo), US 7-2 et US 7-4	PR26, Fait F8 (type silo), US 8-3
Groupes forestiers de la chênaie diversifiée					
Groupes forestiers de la chênaie- hêtraie					
Boisements clairs, haies, lisières					
Boisements humides (frais, zones alluviales)					
Les formations de friches, fruticées, landes, fourrés					
Vigne					
Noyer					
Diversité taxonomique	3	10	3	8	4

Fig. 38 – Tableau montrant les différents types de boisements explorés en fonction des différents prélèvements.

Les ensembles charbonneux du silo F5 et F7 sont les plus diversifiés. Ils portent l'essentiel de la diversité. Pour ces deux ensembles, des calculs de l'indice de Pareto montrèrent des collectes de bois de « tout venant ». On peut donc penser que les groupements végétaux identifiés donnent une image assez crédible de la mosaïque des boisements qui existaient dans l'aire de ramassage autour du site.

Des moyennes de largeurs de cernes calculées sur des fragments de chêne de faible et moyen calibre ont été réalisées pour les prélèvements n°10 (F6), n°07, n°16 (F7) et n°26 (F8). Pour les prélèvements n°16, n°07 et n°26, les moyennes obtenues indiquent de faibles croissances de l'ordre de 1 à 1,2 mm / an. Ces valeurs sont caractéristiques de contextes de croissance difficiles, potentiellement des boisements denses, ou des contextes abiotiques contraignants (ex. contraintes de sols, mauvaises expositions...).

En revanche, la moyenne calculée sur les charbons de chêne du prélèvement n°10 (F6) indique un environnement de croissance favorable, peut-être un boisement clair ou une haie ?

4.2. Informations d'ordre ethnographique

Les ensembles charbonneux analysés correspondent à des restes de combustibles. On constate des différences entre les compositions des prélèvements n°06 (F2), n°13 (F5) et n°10 (F6). En revanche, les ensembles n°7, n°16 (F7), voire n°26 (F8) comporte des similitudes.

- Pour ce qui concerne les charbons du foyer F2, ce sont uniquement des restes de petites branches et de brindilles qui ont été observés. Ces charbons sont à priori en place. Les essences identifiées, du chêne, chêne-châtaigner et *Prunus* correspondent à des bois denses, générant beaucoup d'énergie. Toutefois, le petit calibre des bois utilisés a dû générer des combustions assez intenses mais brèves. Il pourrait s'agir de restes de bois d'allumage, ou d'une combustion ayant nécessité une combustion intense (?). L'emploi exclusif de bois de petit calibre a peut-être aussi été dicté par le manque de bois de plus gros calibre disponible dans l'environnement.
- L'ensemble charbonneux du prélèvement n°13 (silo F5) est apparu assez diversifié (huit essences minimum). L'analyse de la composition (calcul de l'indice de concentration de Pareto) montra que le combustible était probablement issu d'une collecte de bois de « tout venant ». Ce type de ramassage est plutôt caractéristique des usages domestiques. L'observation de l'aspect des charbons appuie les hypothèses de rejets d'une combustion de type « foyer ouvert » et d'une utilisation de bois sec. Les essences de bois « tendre » (saule, aulne, noisetier) ont dû être employées pour la phase d'allumage, les essences de bois plus « dense », chêne, orme, voire noyer, pour alimenter la combustion.
- Seulement deux essences ont été identifiées dans le prélèvement n°10 (Silo F6), le chêne (chêne-châtaigner?) et le noisetier. L'observation des courbures de cerne montra l'utilisation de bois de chêne de moyen calibre. On peut supposer l'emploi du noisetier pour lancer la phase d'allumage et du bois de chêne pour entretenir la combustion dans la durée. L'ensemble charbonneux n'avait pas d'aspect particulièrement luisant, on peut supposer des rejets d'une combustion de type foyer ouvert.
- Les ensembles charbonneux du silo F7 sont apparus assez semblables avec notamment l'association commune des essences de « chêne, chêne-châtaigner, hêtre, charme, *Prunus* » mais aussi en termes de qualité des combustibles employés (ex. mêmes aspects, mêmes calibres de bois employés).

Les deux US de remplissage correspondent probablement aux rejets charbonneux d'une même combustion ou d'un même type d'activité.

Notons que le prélèvement n°7 (US 7-2) est apparu un peu plus diversifié avec en plus des charbons de bruyère, de bouleau et de vigne.

L'analyse de la composition anthracologique (Indice de concentration de Pareto) permet d'identifier une collecte de bois de type « tout venant »,

assez typique des usages domestiques. Au regard des qualités de combustibilité des essences en présence, on peut supposer l'utilisation du bouleau et des bois de petit calibre (Prunus, bruyère) pour l'allumage et des bois plus denses (chêne, hêtre, charme) pour l'entretien des combustions. A noter que le chêne, hêtre et charme, bois denses, peuvent être qualifiés d'excellents combustibles.

L'analyse des courbures de cerne indiqua l'emploi de bois de moyen calibre.

L'observation montra qu'environ 35 à 40 % des charbons avait des aspects luisants, il s'agit probablement de rejets charbonneux d'une combustion « aérobie » de type « foyer ouvert », toutefois l'aspect luisant observé sur certains charbons pourrait être la conséquence d'effets de combustions localisées (ex. fonds de foyer) ou bien de combustions assez importantes en terme de volume de combustibles, entraînant des conditions de combustions de type « anaérobies ».

- L'ensemble charbonneux associé au silo F8 (prélèvement n°26) comporte des traits similaires aux compositions anthracologiques de F7. En effet, on constate aussi l'association du « chêne, chêne-châtaigner, charme, Prunus » en plus d'aspects et de calibres de bois utilisés en proportions semblables.

Les ensembles charbonneux retrouvés dans les comblements des silos F7 et F8 correspondent probablement aux rejets d'une même combustion ou de combustions relevant de mêmes activités.

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., 1992 - La représentativité paléo-écologique des charbons de bois issus du bois de feu. *Bulletin de la Société botanique Française*, 139, Actualités botaniques (2/3/4), p. 213-236.

CHABAL L., 1994 - Apports récents de l'anthracologie à la connaissance des paysages passés : performances et limites. *Histoire et Mesure*, IX-3/4, p. 317-338.

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

THERY-PARISOT I., 1998 - *Economie du combustible et Paléoécologie en contexte glaciaire et périglaciaire, Paléolithique moyen et supérieur du sud de la France. Anthracologie, Expérimentation, Taphonomie*. Thèse de doctorat, Université de Paris 1, 500 p.

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

6. ANNEXE – Photographies

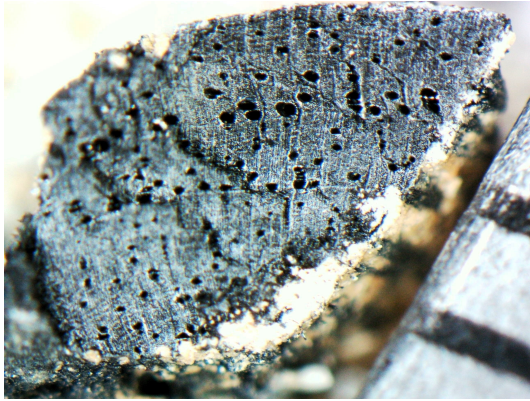


Fig. 39 – Fragment de noyer (*Juglans sp.*) de forte courbure. Coupe transversale. Grossissement x30. Prélèvement n°13. L'échelle représente des millimètres.



Fig. 40 – Fragment d'orme (*Ulmus sp.*) de forte courbure de cerne. Coupe transversale. Grossissement x25. Prélèvement 13. L'échelle représente des millimètres.

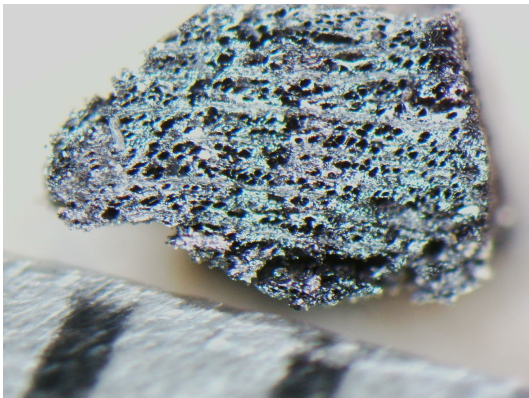


Fig. 41 – Fragment du genre *Prunus sp.* Coupe transversale. Grossissement x50. Prélèvement n°7. L'échelle représente des millimètres.

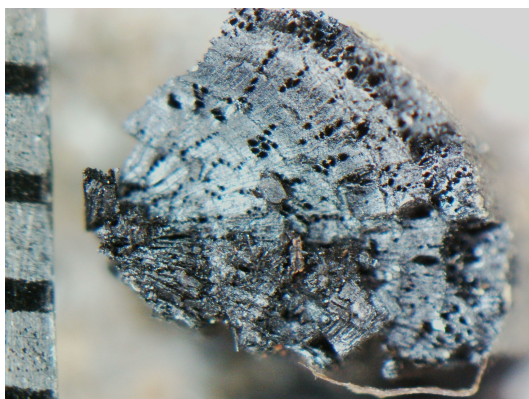


Fig. 42 – Fragment de chêne (*Quercus sp.*) de forte courbure de cerne. Coupe transversale. A noter que le dernier cerne est incomplet, indiquant une coupe durant le printemps. (écorce visible en surface externe). Grossissement x23. Prélèvement n°6. L'échelle représente des millimètres.