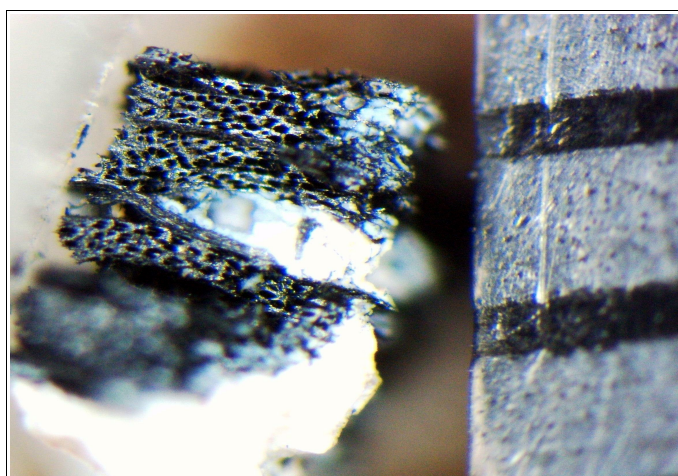




ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES



**SÉLECTION DE CHARBONS EN VUE DE DATATIONS
RADIOCARBONES POUR 11 PRÉLÈVEMENTS EFFECTUÉS
SUR L'AQUEDUC ANTIQUE DU SITE DE LA RUE DU STADE,
COMMUNE DE CHAUMES-EN-RETZ (44 005).**

OPÉRATION : OA 186800

PÔLE ARCHÉOLOGIQUE DE LOIRE-ATLANTIQUE

Décembre 2021

Pôle Archéologique de Loire-Atlantique

3 quai Ceineray

44041 Nantes

**Prélèvements effectués sur l'aqueduc antique de la rue du stade,
commune de Chaumes-en-Retz (44 005)**

Références des échantillons étudiés :

Prélèvements : US 1036 : n° 11, 12, 13, 15, 17, 18 et US 1041 : n°20, 24, 26, 28, 68

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

Décembre 2021

Illustration de la page de couverture :

Fragment de hêtre (Fagus sylvatica) en coupe transversale, prélèvement n°26 (US 1041), grossissement x36, l'échelle représente des millimètres.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	6
2.1. Équipement d'observation.....	6
2.2. Méthodologie.....	7
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	12
2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration ».....	13
2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	15
3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS.....	16
3.1. Prélèvement n°11.....	17
3.2. Prélèvement n°12.....	18
3.3. Prélèvement n°13.....	19
3.4. Prélèvement n°15.....	20
3.5. Prélèvement n°17.....	21
3.6. Prélèvement n°18.....	22
3.7. Prélèvement n°20.....	23
3.8. Prélèvement n°24.....	24
3.9. Prélèvement n°26.....	25
3.10. Prélèvement n°28.....	26
3.11. Prélèvement n°68.....	27
4. BIBLIOGRAPHIE.....	28

INTRODUCTION

Ce document présente un inventaire de fragments charbonneux prélevés dans différents mortiers de l'aqueduc, supposé antique, de la rue du stade, sur la commune de Chaumes-en-Retz (44005) (Fig. 2).

L'objectif est d'analyser ces charbons afin d'identifier les essences, mais aussi d'observer un certain nombre de traits anatomiques en vue de sélectionner des fragments pour des datations radiocarbone.

Il est en effet utile de connaître l'origine des fragments (brindilles ou grosses branches, appartenance du fragment à l'aubier ou au bois de cœur) afin d'éviter l'effet « vieux bois » sur les datations.

Ce rapport fait état des observations anthracologiques effectuées sur des micro-charbons (souvent de l'ordre de quelques mm...).

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

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les prélèvements ont été réalisés directement à partir du mortier. Les fragments observés avaient généralement des dimensions l'ordre de quelques millimètres. OA

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE						
Commune :			Chaumes-en-Retz (44005)			
Nom de l'opération / Lieu-Dit :			Rue du stade			
Année :			2020			
N° OA :			OA 186800			
Resp. d'Op.			Matthieu Yacger			
Type d'opération :			fouille préventive			
Période d'analyse pressentie			Fin 2021			
n° plv	US	Structure / zone	Description / type attendu	Fragments observés	Qté de charbons extraits à la fouille	NR par lot
11	1036	AQ1030	charbon pris dans la dalle 1036	2	1	4
12	1036	AQ1030	charbon pris dans la dalle 1036	1	1	1
13	1036	AQ1030	charbon pris dans la dalle 1036	2	2 (?)	6
15	1036	AQ1030	charbon pris dans la dalle 1036	2	1 (?)	7
17	1036	AQ1030	charbon pris dans la dalle 1036, coupe OP	1	1	1
18	1036	AQ1030	charbon pris dans la dalle 1036	1	1	2
20	1041	AQ1030	charbon pris dans 1041	2	1	4
24	1041	AQ1030	Négatif piédroit coupe GH	2	1	2
26	1041	AQ1030	Mortier coupe KL	4	1	4
28	1041	AQ1030	Mortier et un charbon	3	1	3
68	1041	AQ1030	Prélèvement de mortier du piédroit est de la coupe OP	3	1	2
				23	12	36

Fig. 1 – Inventaire des 11 prélèvements de mortier et effectifs des charbons analysés.



Fig. 2 – Photographie de l'aqueduc en cours de fouille (octobre 2020).

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 SZX7PLV21 sissements 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 d'un rapport ont été effectués au sein de la structure ArkéoMap. Des références anthracologiques ont pu être consultés au sein du laboratoire de l'UMR 6566 « CReAAH » à l'Université de Rennes1.



Fig. 3 - Détails du microscope équipé d'un dispositif en lumière incidente (Olympus BX60 à grossissements x50 à x1000). Laboratoire ArkéoMap.

2.2. Méthodologie

Chaque ligneux produit un bois particulier, spécifique et héréditaire, 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.

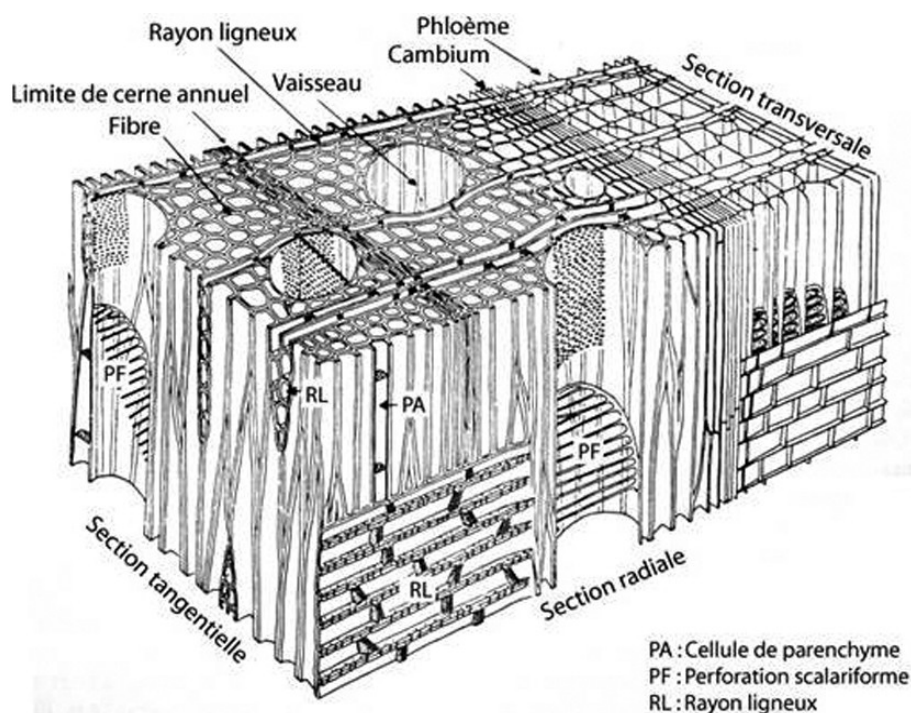


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

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

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

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

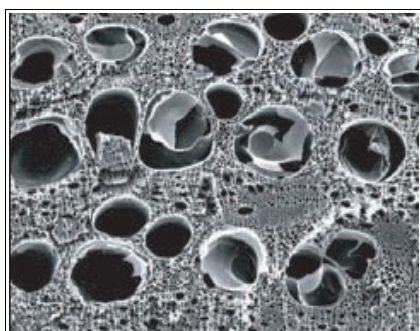
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- **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**

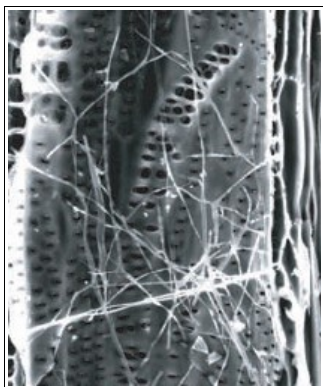
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne 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. 5 – 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.

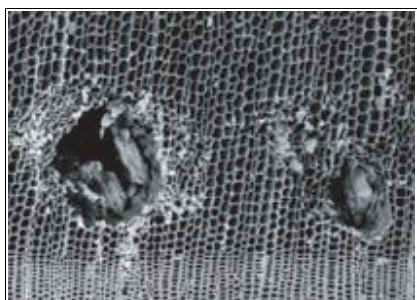
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

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

- 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. 8 – 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.

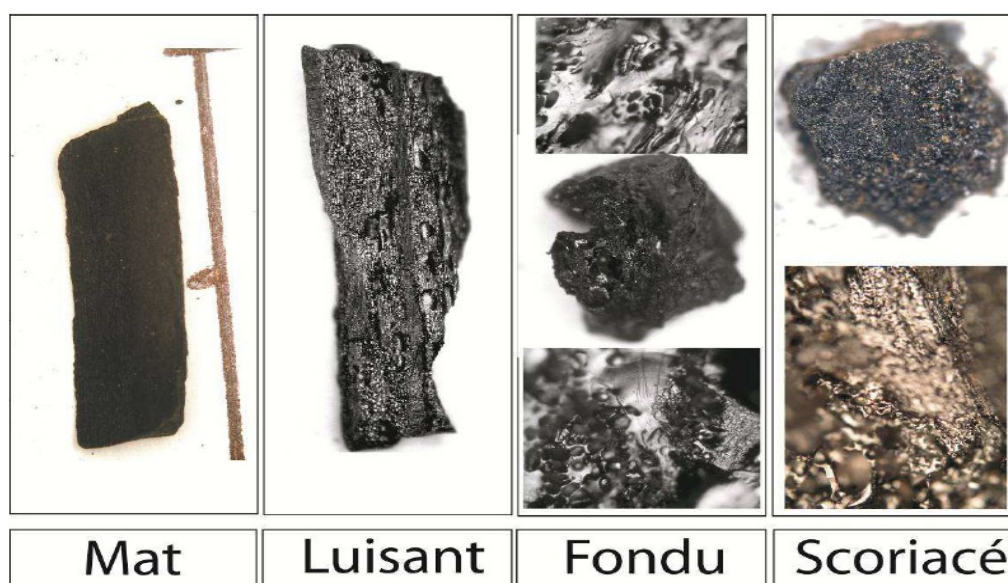
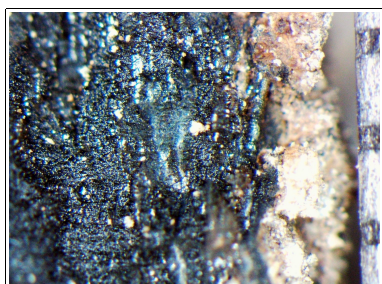


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques (Oilic, 2011).

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. 10) a donc parfois été utilisé.

Fig. 10 – Exemple de fragments charbonneux avec un aspect « granuleux ».

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.

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

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

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 11). 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.

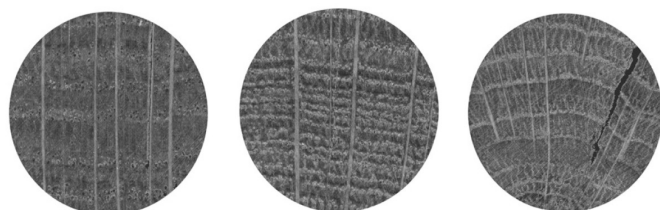


Fig. 11 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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. 12). 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. 12).

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).

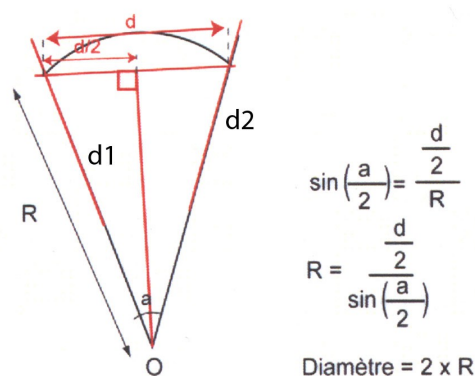


Fig. 12 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

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. 13, 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.

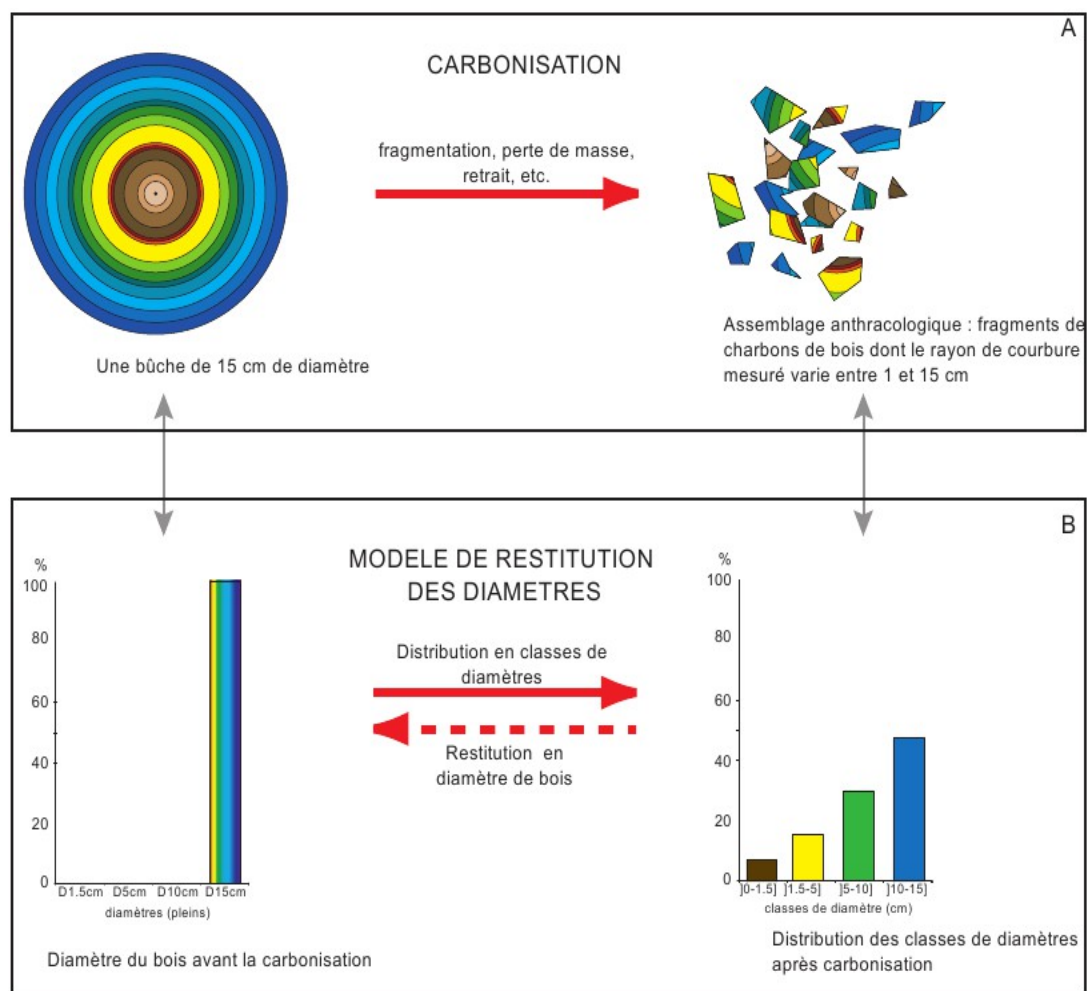


Fig. 13 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

Remarque : Dans le cadre de cette étude, quelques fragments provenaient 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 des 11 prélèvements a permis de déterminer seulement 2 taxons anthracologiques. Les déterminations ont été réalisées à l'aide d'atlas d'anatomie du bois (Schweingruber, 2011) et l'utilisation de référentiels anthracologiques. Toutefois, compte tenu du caractère très fragmentaires des charbons, il n'a pas toujours été possible d'observer l'ensemble des plans et critères anatomiques.

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

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

Le chêne peut parfois vivre jusqu'à 500 ans voire pour certains individus 1000 ans. En vue de datations radiocarbone, les charbons de chêne sont donc potentiellement très sensibles à « l'effet vieux bois ».

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 peut vivre de 150 à 300 ans, il ne garantit donc pas contre « l'effet vieux bois ».

Remarque interprétative : A noter que le chêne et le hêtre sont deux excellents combustibles, ils sont qualifiés de bois « durs » et très souvent utilisés dans le cadre d'activités artisanales. Dans le cadre de cette petite étude, plusieurs fragments avaient des aspects luisants. Il pourrait s'agir d'un début de phénomène de « vitrification » associé à des combustions chaudes et anaérobies de type « four ». Ce sont peut-être des restes de combustibles liés à la fabrication de la chaux utilisée pour le mortier ?

3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS

Lorsque plusieurs fragments étaient présents à l'intérieur d'un même sachet, ils ont été observés et isolés dans des tubes numérotés. (cf. inventaire Fig. 1). En vue d'obtenir des datations les plus précises possibles, nous avons fait en sorte d'isoler chaque fragment observé par tube, même s'il est probable que les fragments d'un même prélèvement proviennent du même charbon.

Dans la mesure du possible, nous avons aussi tenté d'identifier les taxons anthracologiques et faire des observations dendrologiques classiques (type de courbure de cerne, type d'aspect, présence ou pas de thylls, moelle, écorce...).

Parfois aussi, certains fragments sont restés indéterminés. Toutefois, afin de disposer de « suffisamment » de masse charbonneuse pour les datations, nous avons fait en sorte de conserver tous les fragments.

Les résultats sont présentés sous la forme de tableaux.

- Pour chaque échantillon, nous proposons un tableau de synthèse par taxon, avec différents critères dendrologiques (type de courbure de cerne, rythme de croissance, type de combustion).

- Un autre tableau détaille les caractéristiques pour chaque fragment avec l'identifiant correspondant à chaque tube.

Dans ce type de tableau, la dernière colonne montre un indice de priorité en vue de réaliser une datation C14.

Afin d'éviter « l'effet vieux bois » (certains arbres peuvent potentiellement vivre plusieurs siècles), il faut chercher des fragments correspondant soit à des parties d'arbres ayant eu une durée de vie courte (ex. brindilles, bois de petit calibre, graine carbonisée, reste de feuille), soit des fragments provenant des dernières années de vie de l'arbre (ex. l'aubier).

L'indice de priorité est basé sur ce principe.

On sélectionnera de façon prioritaire les fragments :

- avec une forte courbure de cerne avec la présence de la moelle et de l'écorce ou du cambium (cas d'une brindille entière),
- appartenant à l'aubier (ex. pour le chêne, les charbons ne présentant pas ou peu de thylls),
- dont les essences n'ont pas une trop grande durée de vie (ex. le chêne peut vivre jusqu' à 500 ans voire davantage alors que le saule a une durée de vie dépassant rarement les 50 ans).

En fonction de ces critères nous avons donné trois valeurs à cet indice :

0. Non prioritaire,

1. favorable à la datation.

2. très favorable à la datation.

3.1. Prélèvement n°11

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Fagus sylvatica	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 14 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°11.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Fagus sylvatica	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Fagus sylvatica	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 15 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°11.

- **Description**

Tube 1 : Petit fragment de hêtre (*Fagus sylvatica*) ne permettant pas d'identifier la courbure de cerne ni l'écorce. C'est une essence pouvant vivre de 150 à 300 ans. → *Indice peu favorable.*

Tube 2 : Petit fragment de hêtre ne permettant pas d'identifier la courbure de cerne ni d'écorce. → *Indice peu favorable.*

3.2. Prélèvement n°12

● Résultats

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

Fig. 16 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°12.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Quercus sp.	Forte	Dur/Luisant	Absence	Présence	Absence	0	0

Fig. 17 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°12.

● Description

Fragment de chêne caducifolié d'aspect « dur-luisant » avec une forte courbure de cerne et présentant des thylles. Il provient donc de la partie centrale d'une branche ou d'un tronc (bois de cœur ou duramen). Le chêne peut avoir une durée de vie assez longue... → *Indice peu favorable.*

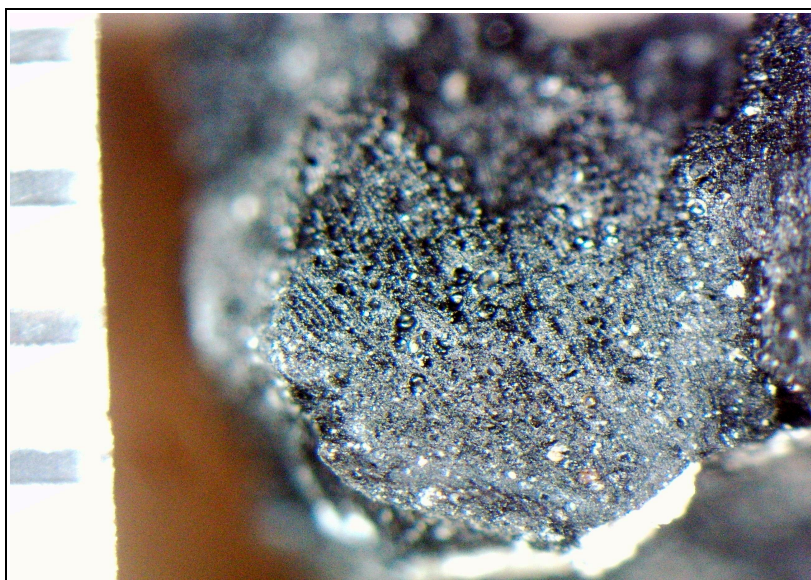


Fig. 18 – Vue anatomique en coupe transversale d'un fragment de chêne. Quelques thylles sont visibles à l'intérieur des vaisseaux. Grossissement x24. L'échelle représente des millimètres. Prélèvement n°12.

Remarque : A noter l'aspect « luisant » de certains fragments. Il pourrait s'agir de charbons issus de combustion en contextes chauds et anaérobies (fours?). Ils sont peut-être liés à la fabrication de la chaux du mortier ?

3.3. Prélèvement n°13

● Résultats

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

Fig. 19 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°13.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Indéterminé	Indéterminé	Aspect granuleux	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Indéterminé	Indéterminé	Noeud / Fendu / luisant	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 20 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°13.

● Description

Les charbons étaient très fragmentés et conditionnés dans deux sachets différents.

Tube 1 : Fragment indéterminé. Les structures anatomiques n'étaient pas identifiables. → *Indice peu favorable.*

Tube 2 : Fragment indéterminé. Les structures anatomiques n'étaient pas identifiables. Il s'agit probablement des restes de nœuds d'aspects luisants. → *Indice peu favorable.*

3.4. Prélèvement n°15

- **Résultats**

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

Fig. 21 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°15.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Fagus sylvatica	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Fagus sylvatica	Indéterminé	Fendu / Luisant	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 22 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°15.

- **Description**

Tube 1. Fragment de hêtre montrant une forte courbure de cerne ; mais l'écorce n'a pas été identifiée, donc il y a possibilité que ce soit le cœur d'une branche ou d'une petite branche. → *Indice peu favorable*.

Tube 2. Probable fragment de hêtre, d'aspect fendu-luisant. Le fragment avait une trop petite taille pour pouvoir identifier la courbure de cerne → *Indice plutôt défavorable*.

3.5. Prélèvement n°17

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Fagus sylvatica	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 23 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°17.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Fagus sylvatica	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 24 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°17.

- **Description**

Fragment probable de hêtre. Structures anatomiques peu discernables. → *Indice peu favorable.*

3.6. Prélèvement n°18

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Fagus sylvatica	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 25 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°18.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Fagus sylvatica	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 26 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°18.

- **Description**

Fragment de hêtre inclus dans le mortier. Structures anatomiques peu visibles → *Indice plutôt défavorable.*

3.7. Prélèvement n°20

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Fagus sylvatica	2	0	2	0	0	0	0	0	0

Fig. 27 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°20.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Fagus sylvatica	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1
2	Fagus sylvatica	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1

Fig. 28 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°20.

- **Description**

Tubes 1 et 2 : Fragments de hêtre de courbure de cerne intermédiaire. Les fragments ne proviennent donc pas de la partie centrale d'un tronc ou d'une petite branche. Mais cela n'empêche pas la probabilité que le fragment soit encore éloigné du dernier cerne (et donc de l'année d'abattage), car il n'y avait pas d'écorce visible.

→ *Indice moyen à plutôt favorable.*

3.8. Prélèvement n°24

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Fagus sylvatica	2	0	0	2	0	0	0	0	0

Fig. 29 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°24.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Fagus sylvatica	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Fagus sylvatica	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 30 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°24.

- **Description**

Les deux fragments provenaient du même charbon, ils ont été laissés dans le sachet.

Fragments de hêtre (*Fagus sylvatica*) de forte courbure de cerne. Ils proviennent de la partie centrale d'une branche ou d'une petite branche. → *Indice peu favorable*.



Fig. 31 – Vue anatomique en coupe transversale d'un fragment de hêtre de forte courbure de cerne (*Fagus sylvatica*) . Grossissement x32. L'échelle représente des millimètres. Prélèvement n°24.

3.9. Prélèvement n°26

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Fagus sylvatica	4	0	1	0	0	0	2	0	1

Fig. 32 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°26.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Fagus sylvatica	Indéterminé	Fendu	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Fagus sylvatica	Intermédiaire	Fendu	Absence	Absence	Absence	0	1
3	Fagus sylvatica	Indéterminé	Fendu/Luisant	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Fagus sylvatica	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 33 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°26.

- **Description**

Tubes 1, 2, 3 et 4 : Fragments de hêtre de courbure de cerne indéterminée, excepté pour le fragment du tube n°2 de courbure intermédiaire. Pour ce dernier fragment, il y a une probabilité un peu meilleure pour qu'il s'agisse d'un fragment provenant d'une partie périphérique. → *Indice moyen à favorable pour le tube 2, défavorable pour les autres tubes.*

3.10. Prélèvement n°28

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Fagus sylvatica	3	0	1	1	0	0	0	1	0

Fig. 34 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°28.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Fagus sylvatica	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Fagus sylvatica	Intermédiaire	Dur/Luisant	Absence	Absence	Absence	0	1
3	Fagus sylvatica	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 35 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°28.

- **Description**

Tubes 1, 2 et 3 : Fragments de hêtre de courbure forte à intermédiaire. Les trois fragments proviennent du même charbon, mais le fragment du tube n°2 a provient d'une partie un petit peu plus extérieure, on a donc un peu plus de probabilité de provenir d'une partie périphérique. Donc à choisir, il vaudrait mieux prendre le fragment du tube n°2.

→ *Indice moyen à favorable. A choisir, prendre le fragment du tube 2.*

Remarque : A noter l'aspect « luisant » de la plupart des fragments. Il pourrait s'agir de charbons issus de combustion en contextes chauds et anaérobies (fours?). Ils sont peut-être liés à la fabrication de la chaux du mortier ?

3.11. Prélèvement n°68

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux – indet.
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3

Fig. 36 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°68.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Indéterminé	Indéterminé	spect granuleu	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Indéterminé	Indéterminé	spect granuleu	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Indéterminé	Indéterminé	spect granuleu	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 37 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°68.

- **Description**

Tubes 1, 2 et 3 : Fragments indéterminés, possiblement du hêtre. Les structures anatomiques étaient peu distinctes. → *Indice défavorable*.

4. 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.

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.

RAMEAU J.C., MANSION D., DUME G. et GAUBERVILLE C., 2008 - *Flore forestière française, guide écologique illustré*. T.3, Région méditerranéenne, Institut pour le développement forestier, Paris, 2426 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.

SIVAN O., COURT-PICON M., 2007 - *Evolution géomorphologique holocène des plaines alluviales niçoises*. ARCHEAM, Cahier du Cercle d'Histoire et d'Archéologie des Alpes Maritimes, n°14.

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