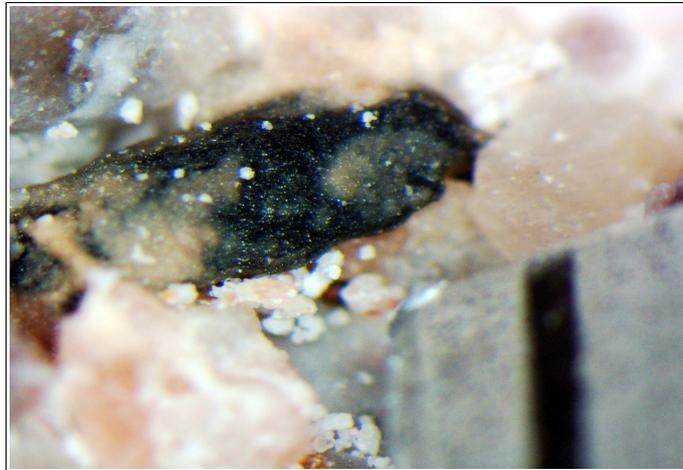




ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES



**SÉLECTION DE CHARBONS EN VUE DE DATATIONS
RADIOCARBONES POUR 9 PRÉLÈVEMENTS EFFECTUÉS
DANS DES MORCEAUX DE MORTIER D'UN SITE DES ÎLES
DE LÉRINS (CANNES, 06).**

SERVICE D'ARCHÉOLOGIE DE NICE CÔTE D'AZUR

Mai 2021

Service d'archéologie Nice Côte d'Azur

107 route de Canta-Galet

06200 Nice

Prélèvements réalisés dans des morceaux de mortier du site de Lérins (île en face de Cannes, 06)

Références des échantillons étudiés :

Prélèvements : « A Est R-O Pierre Sud », « C Est P1 R+1 », « C Est P2 R+1 », « C Est P3 R+1 », « C Nord P1 R+1 », « C Nord R-O P2 », « CHAP MR Nord Ext », « CHAP Prépa sol ? », « Noyau A Ext Face Ouest A24 P8 depuis le Sud »

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

Mai 2021

Illustration de la page de couverture :

Fragment charbonneux de feuillu (indeterminé) observé dans sa gangue de mortier, sous microscope en lumière incidente, coupe transversale, prélèvement C nord R-O P2, grossissement x32, l'échelle représente des millimètre.

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.....	19
3.1. Prélèvement « A Est R-O Pierre Sud ».....	20
3.2. Prélèvement « C Est P1 R+1 ».....	21
3.3. Prélèvement « C Est P2 R+1 ».....	22
3.4. Prélèvement « C Est P3 R+1 ».....	23
3.5. Prélèvement « C Nord P1 R+1 ».....	25
3.6. Prélèvement « C Nord R-O P2 ».....	26
3.7. Prélèvement « CHAP MR Nord Ext ».....	28
3.8. Prélèvement « CHAP Prépa sol ? ».....	29
3.9. Prélèvement « Noyau A Ext Face Ouest A24 P8 depuis le Sud ».....	31
4. BIBLIOGRAPHIE.....	33

INTRODUCTION

Ce document présente un inventaire de fragments charbonneux sélectionnés dans 9 prélèvements du site de Lérins (une des îles en face de Cannes).

Cette étude vise à extraire puis analyser des charbons englobés dans des morceaux de mortier appartenant à une tour située sur l'une des îles de Lérins.

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 et ainsi préciser la période de construction.

Il est en effet utile de connaître l'origine des fragments (brindilles ou grosse branche, 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 ces micro-charbons (souvent plus petits que 0,5 mm...).

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Chacun des prélèvements a fait l'objet d'une observation complète des sédiments, au besoin les mortiers ont été cassés pour tenter d'en extraire quelques charbons.

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE					
Commune :		Cannes, 06			
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		Site Lérins (île)			
Année :					
N° OA :					
Resp. d'Op. / commanditaire		F. Blanc-Garidel et Y. Petite			
Type d'opération :					
Période d'analyse		fin mai 2021			
n° plv	US	Structure /zone	Description / type attendu	Période / date	Effectifs étudiés
		A Est R-O Pierre Sud			5
		C Est P1 R+1			6
		C Est P2 R+1			2
		C Est P3 R+1			14
		C Nord P1 R+1			2
		C Nord R-O P2			4
		CHAP MR Nord Ext			2
		CHAP Prépa sol ?			5
		Noyau A Ext Face Ouest A24 P8 depuis le Sud			10
					50

Fig. 1 – Inventaire des 9 prélèvements de mortier et effectifs des charbons analysés.

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 ^{PLV18}issements 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. 2 - 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.

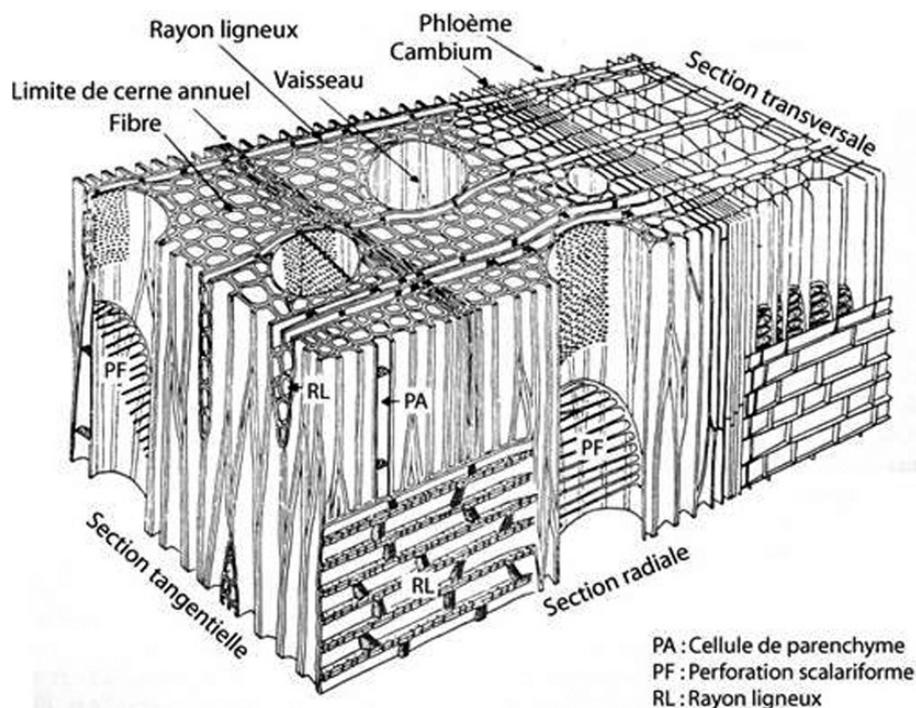


Fig. 3 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

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

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

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

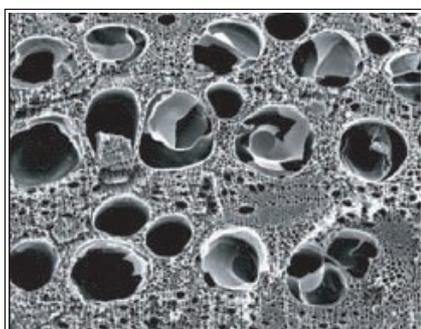
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- le rythme de croissance

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

- la présence de thylles

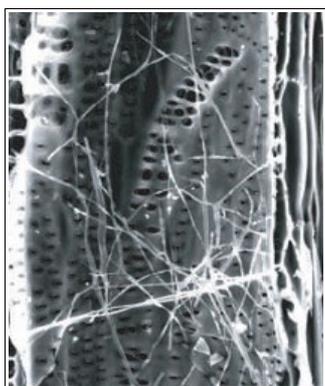
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne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



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

Fig. 4 – 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.

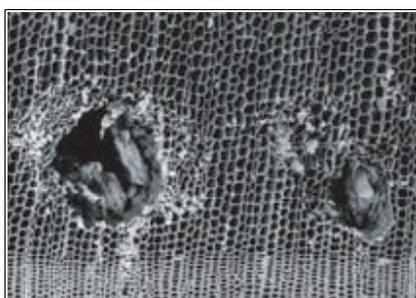
Fig. 5 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

- 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.

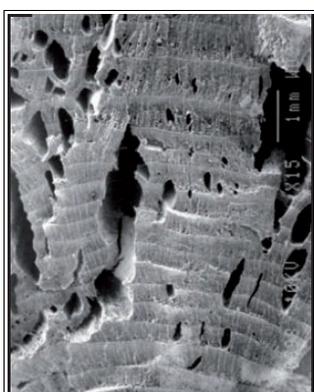
- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.



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. 6 – 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. 7 – 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.

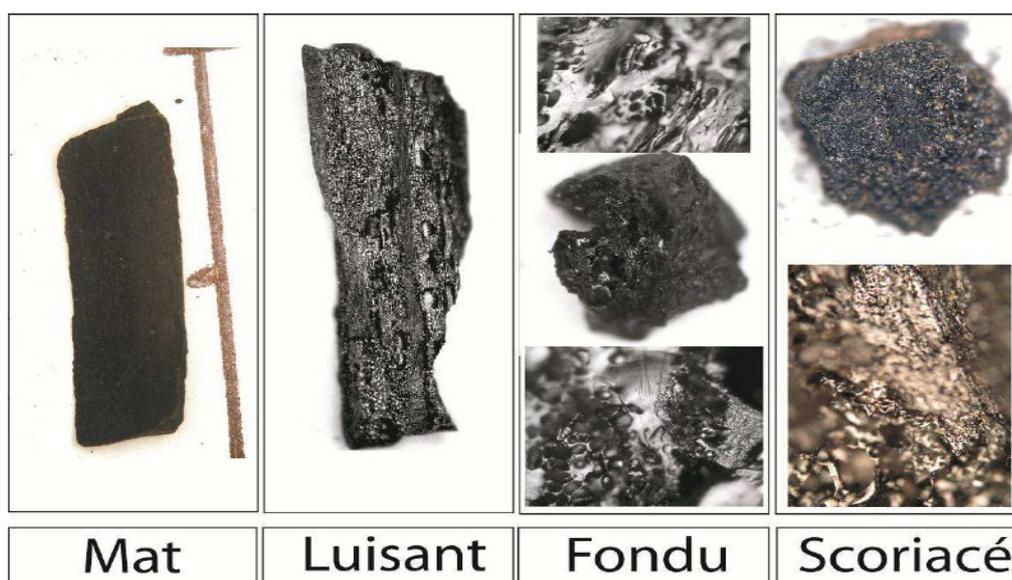
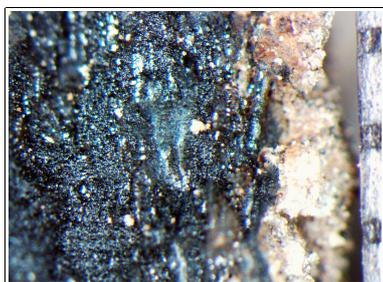


Fig. 8 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques (Oilic, 2011).

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. 9) a donc parfois été utilisé.

Fig. 9 – 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. 10). 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.

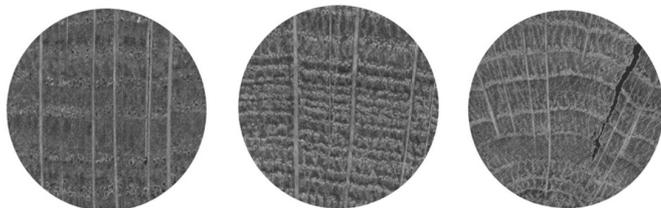


Fig. 10 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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. 11). Si la marge extérieure du charbon suit la courbure des cernes, une droite d est tracée entre les points de croisement des droites d1 et d2 et la bordure du charbon. La distance d et l'angle a formé par les deux droites d1 et d2 sont les données utilisées dans le calcul trigonométrique basé sur le sinus (Fig. 11).

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

Il est important de noter que les expérimentations ayant pour but de vérifier la méthode de mesures et de répartition des calibres ont montré que les calibres les plus gros sont sous-représentés dans les résultats (Paradis 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).

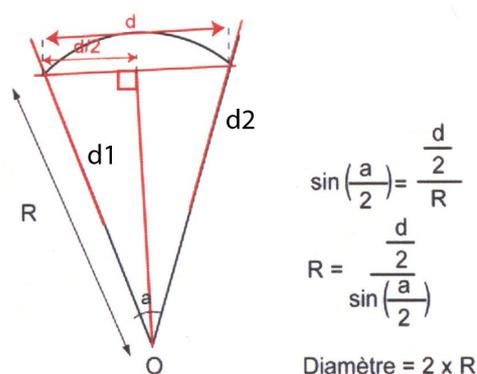


Fig. 11 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

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. 12, 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.

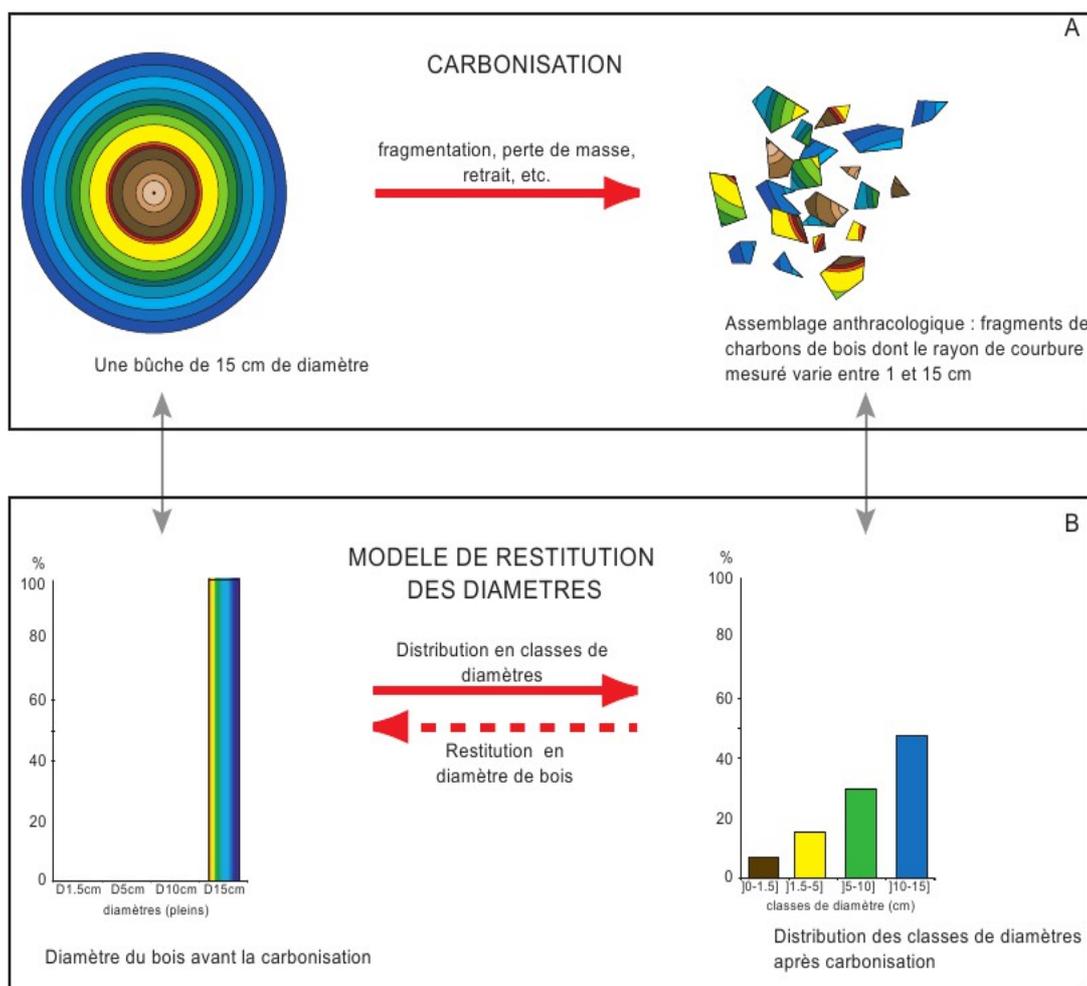


Fig. 12 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

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 des 9 prélèvements a permis de déterminer **7** taxons anthracologiques, mais une majorité des charbons n'a pas pu être déterminée en raison notamment de la petite taille des fragments (**souvent moins de 0,5 mm**). 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. **Il faut donc considérer ces résultats avec beaucoup de prudence.**

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

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

Le genre *Prunus sp.* (ex. merisier, cerisiers, prunelliers) correspond à des essences héliophiles ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les lisières de bois, dans des bois clairs, des landes ou en forêts caducifoliées ouvertes. Il n'est pas rare des les retrouver associés aux **Genistées**. 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 **bouleau** (*Betula sp.*) est une essence héliophile ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les **lisières de forêts caducifoliées**, dans des bois clairs, dans des **landes** ou **friches**. Il s'adapte à tous les substrats, tant d'un point de vue hydrique qu'en termes de pH. Aussi, on le trouve potentiellement dans la plupart des écosystèmes, même s'il reste avant tout un arbre pionnier par excellence. Le noisetier est un bon bois d'allumage, surtout sous la forme de brindilles (flamme longue, claire, sans fumée), il dégage beaucoup de chaleur et une combustion rapide.

Remarque. La présence du bouleau reste très hypothétique car il n'a pu être différencier de l'aulne sur un des fragments du prélèvement C_EST_P3_R+1

Les **Ericacées** correspond à une famille comprenant de très nombreux genres existant dans les contextes méditerranéens. Ce sont des végétations arbustives généralement assez rustiques. Quelques fragments d'arbousiers (*Arbutus sp.*), de bruyères à nombreuses fleurs (*Erica multiflora*) ou de bruyères arborescentes (*Erica arborea*) ont été suggérées (?)... (Prélèvement C_Est_P1_R+1)

L'**aulne** (*Alnus sp.*) est une essence vivant dans des contextes humides tels que les bordures de rivières, les berges des lacs et zones alluviales. C'est un bois utilisé en vannerie. En revanche il fournit un bois de feu assez médiocres, charbon léger (Rameau et al., 1989). C'est une essence à forte croissance pouvant assurer un bon allumage du feu, mais sa combustion est trop rapide.

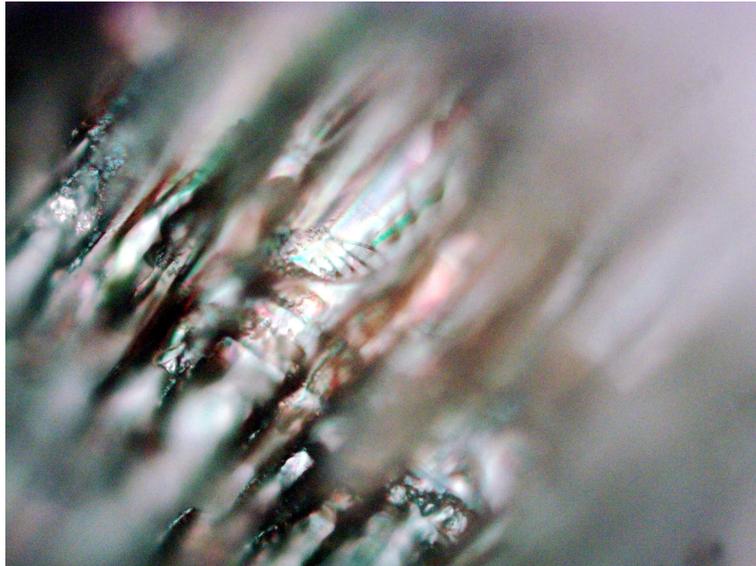


Fig. 13 – Vue anatomique en coupe radiale d'un vaisseau caractérisé par une perforation de type scalariforme (nombreux barreaux au centre de l'image) – les nombreuses ponctuations couvrant les parois des cellules sont typiques de ce taxon, grossissement x400. Prélèvement « C_Est_P3I ».

Les **Gymnospermes** correspondent à des arbres résineux ou conifères (par opposition les feuillus correspondent aux **Angiospermes**). Les charbons désignés comme tels, n'ont pas permis une détermination plus poussée généralement à cause de leur état très fragmentaire. Les résineux ont des caractéristiques comparables à celles des bois tendres en terme de densité et de pouvoir calorifique. Ils s'enflamment rapidement du fait de leur teneur élevée en résines et sont appréciés pour leur montée rapide en température.

Le pin (*Pinus sp.*) correspond à un genre comportant de nombreuses espèces aux biotopes variés.

Certains fragments nous ont paru pouvoir correspondre au pin d'Alep (*Pinus halepensis*) avec une transition du bois initial au bois final assez brusque (coupe transversale) et des rayons aux parois dentées et de type hétérocellulaire (coupe radiale). cf. prélèvement « CHAP_Prep_sol ».

C'est aussi un taxon qui par son écologie semble bien adapté au secteur, car c'est une plante de garrigue résistant à la sécheresse et qui s'accommode de tous les terrains.

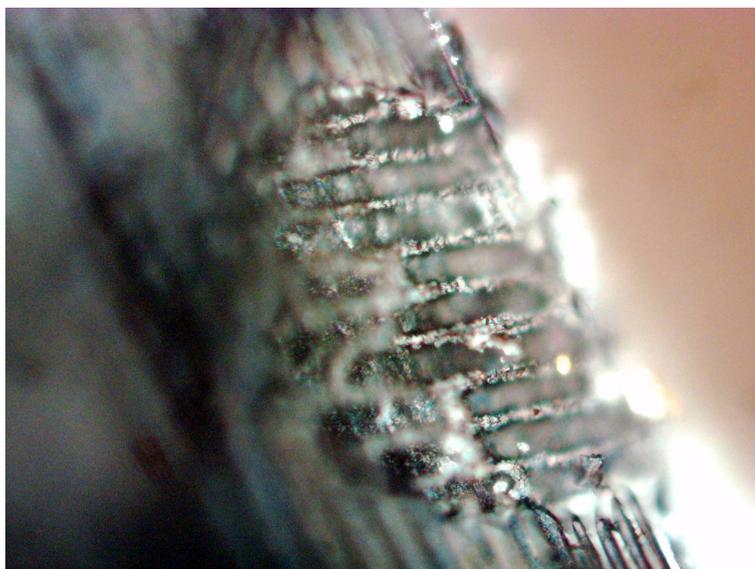


Fig. 14 – Vue anatomique en coupe radiale d'un rayon de pin – probablement de type halepensis. On notera les parois dentées et de type hétérocellulaire, grossissement x400. Prélèvement « CHAP_Prepa sol ».

Le **genévrier** (*Juniperus sp.*) est un genre qui correspond soit à l'espèce *Juniperus oxycèdre* taxon méditerranéen au sens large que l'on retrouve souvent associé au chêne vert dans les stades de garrigues et de maquis, soit au genévrier commun (*Juniperus communis*) dont la répartition géographique et le spectre écologique est plus large. Ils constituent dans tous les cas de figures une végétation arbustive vivant dans des milieux pauvres et secs. Sa présence serait à confirmer par l'étude de davantage de fragments. Néanmoins, la forme particulière des rayons (2 à 5 cellules de hauteur avec des parois épaisses et sans trachéïdes transversales) est un bon indicateur.

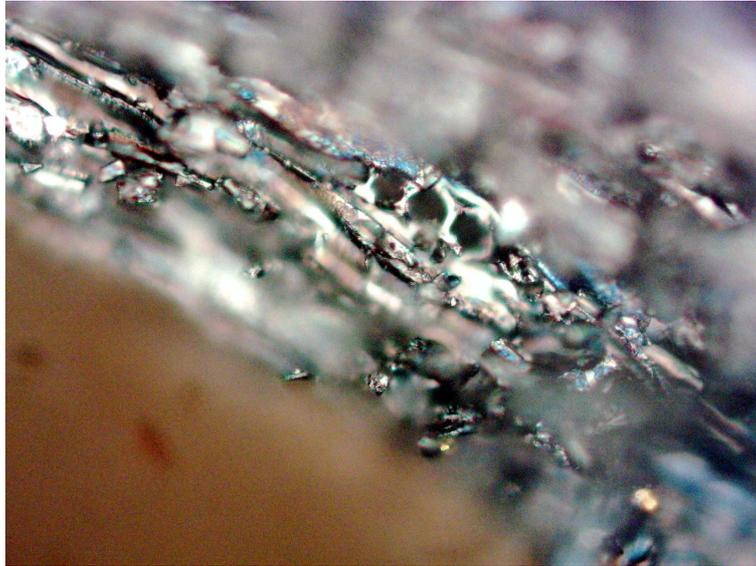


Fig. 15 – Vue anatomique en coupe tangentielle de genévrier (*Juniperus sp.*). On notera la forme des rayons formés par 3 à 5 cellules de hauteur, grossissement x400. Prélèvement « C_EST_P2_R+1 ».

3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS

Les neuf prélèvements ont systématiquement livré des charbons. Ils étaient néanmoins en quantités assez variables.

Lorsque des fragments ont été observés, ils ont systématiquement été extraits et isolés dans des tubes numérotés et placés dans des sachets correspondant à chaque prélèvement (cf. inventaire Fig. 1). En vue d'obtenir des datations les plus précises possible, nous avons fait en sorte d'isoler chaque fragment par tube.

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 thylles, 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), 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 si possible présence de la moelle et de l'écorce (cambium),
- appartenant à l'aubier (ex. pour le chêne, les charbons ne présentant pas ou peu de thylles),
- dont les essences n'ont pas une trop grande durée de vie.

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 « A Est R-O Pierre Sud »

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Gymnosperme	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 16 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement « A Est R-O Pierre Sud ».

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Gymnosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
5	Gymnosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 17 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « A Est R-O Pierre Sud ».

- **Description**

Le lot comprenait des très petits fragments de charbons. La plupart sont restés indéterminés. Quelques fragments de résineux sont à noter.

Charbons à sélectionner pour datation : pas particulièrement favorables.

3.2. Prélèvement « C Est P1 R+1 »

● Résultats

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

Fig. 18 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement « C Est P1 R+1 ».

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Ericacée	Indéterminé	Dur/Luisant	Absence	Absence	Absence	0	1
2	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Quercus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1
4	Quercus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1
5	Quercus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1
6	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 19 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « C Est P1 R+1 ».

● Description

Tube 1 : probablement un fragment d'Ericacée (famille des bruyères) au regard de l'ornementation des vaisseaux et de la coupe transversale. Des rayons multisériés d'environ 5 cellules de large. Coupe transversale cependant peu distincte. Petites ponctuations sur parois des vaisseaux. Épaississements spiralés non vus ou non perceptibles.

-> Proposition : *Erica arborea*, *E. multiflora* voire *Arbutus unedo* (??)

Cette essence est plutôt favorable (durée de vie plutôt courte env. 15 – 20 ans)

Tube 2 : indéterminé

Tube 3 : chêne (*Quercus sp.*) - probablement chêne caducifolié car un rayon multisérié a été observé : coupe transversale avec pores caractéristiques, courbure probablement intermédiaire. Absence de thylles ce qui tendrait à indiquer l'appartenance à l'aubier (→ indice favorable). En revanche, le chêne peut avoir une durée de vie assez longue...

Tube 4 : chêne (*Quercus sp.*) - probablement chêne caducifolié (rayon multisérié détecté). Absence de thylle (→ indice favorable)

Tube 5 : chêne (*Quercus sp.*). Même description.

Tube 6 : indéterminé

3.3. Prélèvement « C Est P2 R+1 »

- **Résultats**

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

Fig. 20 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement « C Est P2 R+1 ».

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Juniperus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1
2	Juniperus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 21 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « C Est P2 R+1 ».

- **Description**

Tubes 1 et 2 : En coupe transversale : transition entre bois initial et bois final graduelle - coupe tangentielle montrant des rayons avec 3-4 cellules de hauteur, typiques du genévrier.

L'indice de priorité est à priori plus favorable pour le tube 1 car le fragment montre une courbure de cerne « forte ». Il pourrait donc s'agir d'un fragment provenant d'un bois de petit calibre. Cependant, il n'y avait pas d'écorce visible, le fragment pourrait donc aussi provenir d'une partie centrale d'une branche...



Fig. 22 – Vue en coupe transversale du fragment du tube 1 (*Juniperus sp.*), grossissement x40. L'échelle à droite représente des millimètres.

3.4. Prélèvement « C Est P3 R+1 »

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
alnus/betula	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Alnus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Angiosperme	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	8	0	0	0	0	0	0	0	1

Fig. 23 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement « C Est P3 R+1 ».

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Indéterminé	Indéterminé	Fendu/Luisant	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Alnus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Alnus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
5	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
6	alnus/betula	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
7	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
8	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
9	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
10	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
11	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
12	Angiosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
13	Angiosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
14	Angiosperme	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 « C Est P3 R+1 ».

- **Description**

Lot comprenant davantage de fragments.

Tube 1. Indéterminé, plutôt un feuillu (angiosperme). Le fragment avait un aspect luisant (probablement combustion en milieu chaud et fermé).

Tube 2. Indéterminé

Tube 3. Fragment correspondant à de l'aulne (*Alnus sp.*). Sur la coupe radiale observation de perforations scalariformes avec de nombreux barreaux serrés, l'ornementation avec nombreuses ponctuations assez caractéristiques sur les parois.

Aulne probable, même si la coupe transversale n'est pas bien visible.

Tube 4 : nombreuses ponctuations sur la paroi, ressemble au n°3 (aulne probable), certaines parties des parois sont comme « vitrifiées », coupe transversale peu distincte. La durée de vie de l'aulne (jusqu'à environ 1 siècle?) modère cependant l'indice...

Tube 5 : indéterminé

Tube 6 : aulne-bouleau (*Alnus sp.* / *Betula sp.*) possible, des perforations scalariformes sont visibles, en revanche la distinction entre l'aulne et le bouleau n'est pas possible, vue transversale indistincte. Pour la datation, même remarque que tube 4.

Tube 7 : indéterminé

Tube 8 : indéterminé

Tube 9 : indéterminé

Tube 10 : indéterminé

Tube 11 : indéterminé

Tube 12 : indéterminé, feuillu (angiosperme)

Tube 13 : indéterminé, feuillu (angiosperme)

Tube 14 : indéterminé, feuillu (angiosperme)

RQ. les fragments étaient souvent très petits pour les indéterminés.

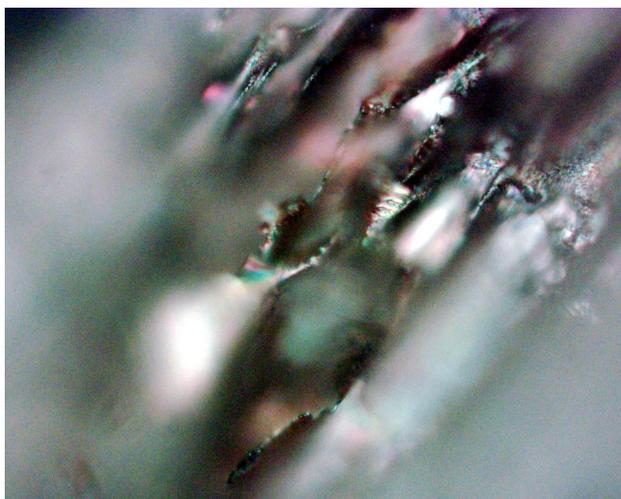


Fig. 25 – Vue en coupe radiale du fragment du tube 3 (*Alnus sp.*), détail sur les amorces des barreaux d'une perforation scalariforme et de quelques ponctuations sur parois du vaisseau (au centre). grossissement x400.

3.5. Prélèvement « C Nord P1 R+1 »

- **Résultats**

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

Fig. 26 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement « C Nord P1 R+1 ».

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

Fig. 27 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « C Nord P1 R+1 ».

- **Description**

Ce sont de des très petits fragments.

Tube 1 -Indéterminé (feuillu) : rayons multisériés avec 3 cellules de large – mais la coupe transversale est indistincte : pores diffus? Pomoïdee ou Ericacées possibles...

Tube 2 - indéterminé, très petit fragment

3.6. Prélèvement « C Nord R-O P2 »

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Angiosperme (feuillu)	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Graine	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 28 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement « C Nord R-O P2 ».

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Angiosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Graine	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1 ou 2 ? si graine confirmée
3	Angiosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 29 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « C Nord R-O P2 ».

- **Description**

Tube 1 : fragment de feuillu (Angiosperme)

Tube 2 : fragment de charbon « roulé » ou graine (?). Afin de conserver la forme de l'ensemble, nous n'avons pas réalisé de cassure. Graine à confirmer auprès d'un carpologue... si cela se révélait être une graine, une datation sur ce fragment deviendrait prioritaire.

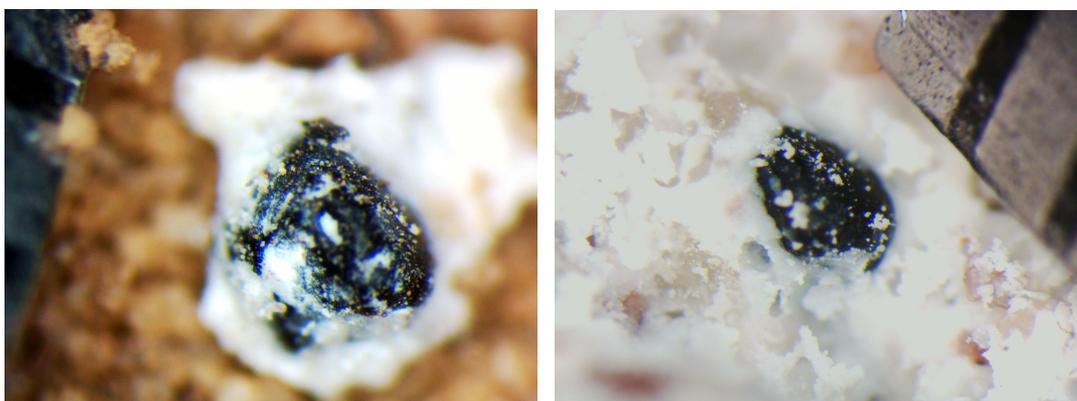


Fig. 30 – Vues du fragment charbonneux qui pourrait correspondre à une graine (à confirmer). Tube 2, grossissements x43.

Tube 3. Indéterminé (feuillu). A noter une ornementation des parois qui pourrait faire penser à une Ericacée? Ce qui aurait pu être intéressant pour tenter une datation.

Tube 4. Très petit fragment indéterminé.

3.7. Prélèvement « CHAP MR Nord Ext »

- **Résultats**

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

Fig. 31 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement « CHAP MR Nord Ext ».

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

Fig. 32 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « CHAP MR Nord Ext ».

- **Description**

Les fragments observés sont très petits (cendres?)

Tube 1. Très petit fragment indéterminé.

Tube 2. Très petit fragment indéterminé.

3.8. Prélèvement « CHAP Prépa sol ? »

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informé solidifié	Fendu / Luisant / noeud
Frag. Radioles oursin (?)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pinus sp.	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 33 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement « CHAP Prépa sol ? ».

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Frag. os - dent	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Pinus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Pinus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1
4	Indéterminé	Indéterminé	Fendu / Fendu / luisant	Absence	Absence	Absence	0	0
5	Pinus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1

Fig. 34 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « CHAP Prépa sol ? ».

- **Description**

Tube 1 : probable radioles d'oursins – fragments marins??

Tube 2 : fragment de pin (*Pinus sp.*) probablement de type halepensis (pin d'alep?). En coupe transversale la transition entre bois initial et bois final est assez brusque mais aucun canal résinifère n'a été observé... (le fragment est très petit ce qui pourrait expliquer le fait de ne pas en avoir observés). En coupe radiale, le rayon observé était plutôt de type hétérocellulaire (sous certains angles) avec des parois dentées sur trachéide transversale. En coupe tangentielle, les rayons avaient 8 à 12 cellules de hauteur.

Tube 3 : Fragment de pin (*Pinus sp.*) probablement de type halepensis car rayon hétérocellulaire et avec des parois dentées. Courbure de cerne légèrement courbe (calibre petit à intermédiaire ou provenant du centre d'une branche → Critère plutôt favorable à la datation). En revanche, à noter que la durée de vie de cet arbre (environ 150 à 200 ans) est plutôt défavorable.

Tube 4 : indéterminé, fragment fendu-luisant, nœud.

Tube 5 : Fragment de pin (*Pinus* sp.) probablement de type *halepensis*. Courbure de cerne forte : bois de petit calibre ou provenant du centre d'une branche. Critère plutôt favorable tout de même.

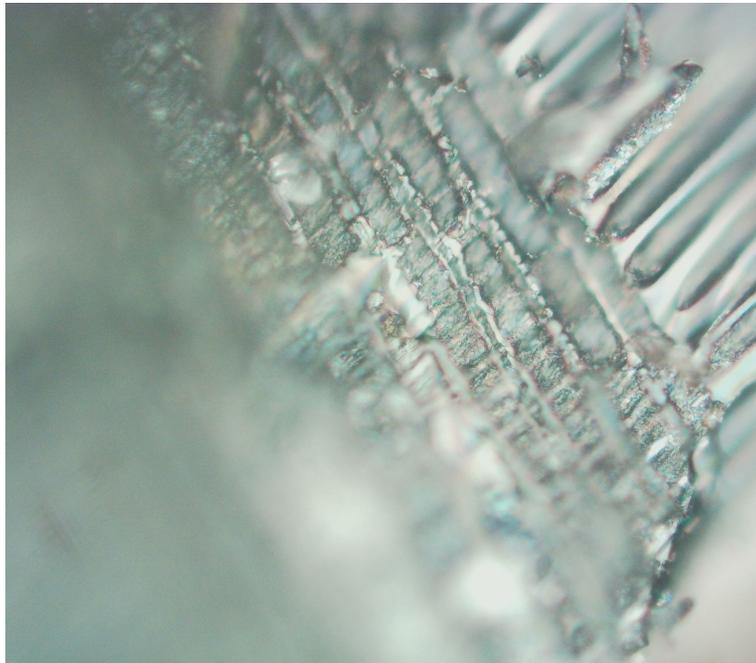


Fig. 35 – Coupe radiale d'un fragment carbonneux qui pourrait correspondre à du pin d'Alep (type *Halepensis* ??). Tube 5, grossissements x400.

3.9. Prélèvement « Noyau A Ext Face Ouest A24 P8 depuis le Sud »

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Aspect granuleux – indet.	
Indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Prunus sp.	9	0	0	9	0	0	0	7	0	0	6

Fig. 36 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement « Noyau A Ext Face Ouest A24 P8 depuis le Sud ».

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium (écorce)	Thylle	Moelle	Rayon (mm)	Priorité
1	Prunus sp.	Forte	Dur/Luisant	Absence	Absence	Présent	4	2
2	Prunus sp.	Forte	Dur/Luisant	Présence	Absence	Présent	3,5	2
3	Indéterminé	Forte	Aspect granuleux	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Prunus sp.	Forte	Dur/Luisant	Absence	Absence	Absence	3,5	2
5	Prunus sp.	Forte	Dur/Luisant	Absence	Absence	Présent	0	2
6	Prunus sp.	Forte	Dur/Luisant	Absence	Absence	Présent	0	2
7	Prunus sp.	Forte	Dur/Luisant	Absence	Absence	Présent	0	2
8	Prunus sp.	Forte	Dur/Luisant	Absence	Absence	Présent	4	2
9	Prunus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	2
10	Prunus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	2

Fig. 37 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Noyau A Ext Face Ouest A24 P8 depuis le Sud ».

- **Description**

Tube 1 – Fragment du genre *Prunus* : petite branche d'aspect dur-luisant. Rayon estimé à environ 4 mm. La moelle et l'écorce sont visibles. La branche est donc entière. Indice très favorable.

Tube 2 – Fragment du genre *Prunus* : petite branche d'aspect dur-luisant. Rayon estimé à environ 3,5 mm. La moelle et l'écorce sont visibles. 3 à 4 cernes ont été comptés (dernier cerne est à peine amorcé). La branche est donc entière. Indice très favorable.

Tube 3 – indéterminé. Aspect granuleux. petit calibre - Ericacée possible?

Tube 4 - Fragment du genre *Prunus* : petite branche d'aspect dur-luisant. Rayon estimé à environ 3,5 mm. La moelle et l'écorce sont visibles, la branche est donc entière. Brindille de 4 cernes. A noter que la coupe a été réalisée au printemps, car sur le dernier cerne, seul le bois initial est présent.

Tube 5 - genre *Prunus* : petite brindille (probablement la même brindille que précédent)

Tube 6 - genre *Prunus* : petite brindille (probablement la même brindille que précédent)

Tube 7 - genre *Prunus* : petite brindille (probablement la même brindille que précédent)

Tube 8 - genre *Prunus* : petite brindille (probablement la même brindille que précédent). Rayon estimé à 4 mm

Tube 9 - genre *Prunus* : petite brindille (probablement la même brindille que précédent)

Tube 10 - genre *prunus* : petite brindille (probablement la même brindille que précédent)

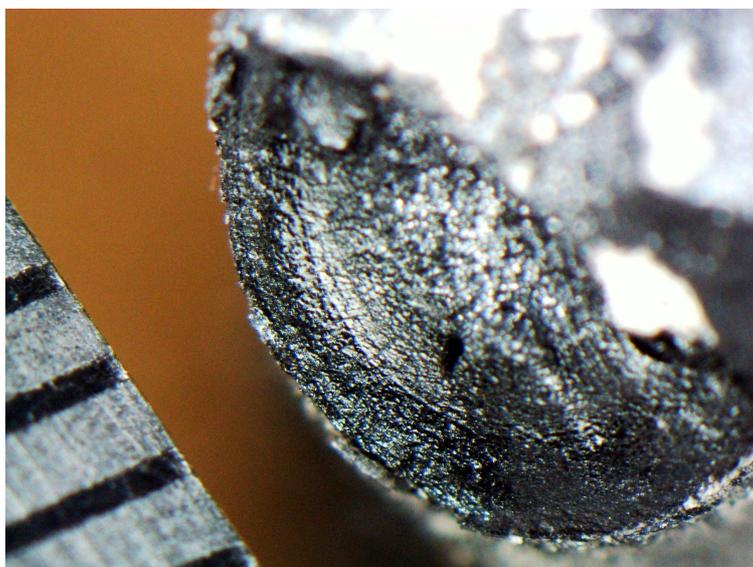


Fig. 38 – Fragment de brindille du genre *Prunus* d'aspect dur-luisant. Rayon = env. 3,5 mm et 3 à 4 cernes de croissance ont été comptés. Tube n°2, grossissement x16.

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.
- 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.
- 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.