



ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES



**SÉLECTION DE CHARBONS EN VUE DE DATATIONS
RADIOCARBONES POUR 6 PRÉLÈVEMENTS EFFECTUÉS À
L'INTÉRIEUR DU RÉSEAU DE GALERIES DE ROUA, SITUÉ
DANS LES GORGES DE DALUIS (06)**

**UNIVERSITÉ PAUL VALÉRY – MONTPELLIER 3,
UMR 5140 - ASM (ARCHÉOLOGIE DES SOCIÉTÉS
MÉDITERRANÉENNES)**

Août 2021

Romain Bussone

PhD student - Université Paul Valéry – Montpellier 3,

UMR 5140 - ASM (Archéologie des Sociétés Méditerranéennes)

Prélèvements réalisés à l'intérieur du réseau de galeries de Roua, dans les gorges de Daluis (06)

Références des échantillons étudiés :

Prélèvements de la galerie SG24 : lots de charbons n°1, n°11, n°12, n°13, n°15 et prélèvement de la galerie SG 26 : lot de charbons n°2.

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

Août 2021

Illustration de la page de couverture :

Fragment charbonneux de chêne caducifolié observé dans le lot n°4, sous stéréomicroscope en lumière incidente, coupe transversale, grossissement x20, 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.....	18
3.1. Prélèvement n°1 (CHARBON 1).....	19
3.2. Prélèvement n°2 (CHARBON 2).....	21
3.3. Prélèvement n°11 (CHARBON 11).....	22
3.4. Prélèvement n°12 (CHARBON 12).....	24
3.5. Prélèvement n°13 (CHARBON 13).....	26
3.6. Prélèvement n°15 (CHARBON 15).....	28
4. BIBLIOGRAPHIE.....	30

INTRODUCTION

Ce document présente un inventaire de fragments charbonneux sélectionnés en vue de réaliser des datations radiocarbone.

Ces charbons proviennent de 6 prélèvements réalisés à l'intérieur des galeries de Roua situées dans les gorges de Daluis (06). Cette mine livre des traces d'une exploitation protohistorique, des vestiges de creusement par le feu et des vestiges d'une exploration de l'époque moderne / contemporaine.

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 les périodes d'exploitation.

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 infra-millimétrique...).

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE					
Site :		galeries de Roua, gorges de Daluis (06)			
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		Réseau de galeries de Roua			
Année :		2020			
N° OA :					
Resp. d'Op. / commanditaire		Romain Bussone			
Type d'opération :					
Période d'analyse		Fin août 2021			
n° plv	Structure / zone	Description / type attendu	Masses envoyées (g)	Priorité archéologique	Effectifs étudiés
Lot 1	SG24	Frag. Macro, au pied paroi droite, restes possibles de torches	2	5	5
Lot 2	SG26	Frag. Macro, sur sol cendreux, restes possibles de torches	1	6	5
Lot 11	SG24, paroi de droite	Frag. Micro, cendreux, Sédiment noir piégé dans la paroi.	167	1	11
Lot 12	SG24, paroi de gauche	Frag. Micro, cendreux, Sédiment noir piégé sur la paroi.	3	3	17
Lot 13	SG24, paroi de droite au sol	Frag. Micro, cendreux, Sédiment noir au pied de la paroi.	3	4	10
Lot 15	SG24, paroi de droite	Frag. Micro, cendreux, Sédiment noir piégé dans la paroi.	104	2	8
					56

Fig. 1 – Inventaire des 6 prélèvements 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 SZX7, grossissements x10 à x60 et microscopes Olympus CX40 ou BX60 à lumière incidente, grossissements de x50 à x1000). L'utilisation d'atlas d'anatomie du bois (Schweingruber, 2011), les traitements numériques et l'élaboration du rapport ont été effectués au sein de la structure ArkéoMap. Des référentiels anthracologiques ont pu être consultés au sein du laboratoire de l'UMR 6566 « CReAAH » à l'Université de Rennes1.



Fig. 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.

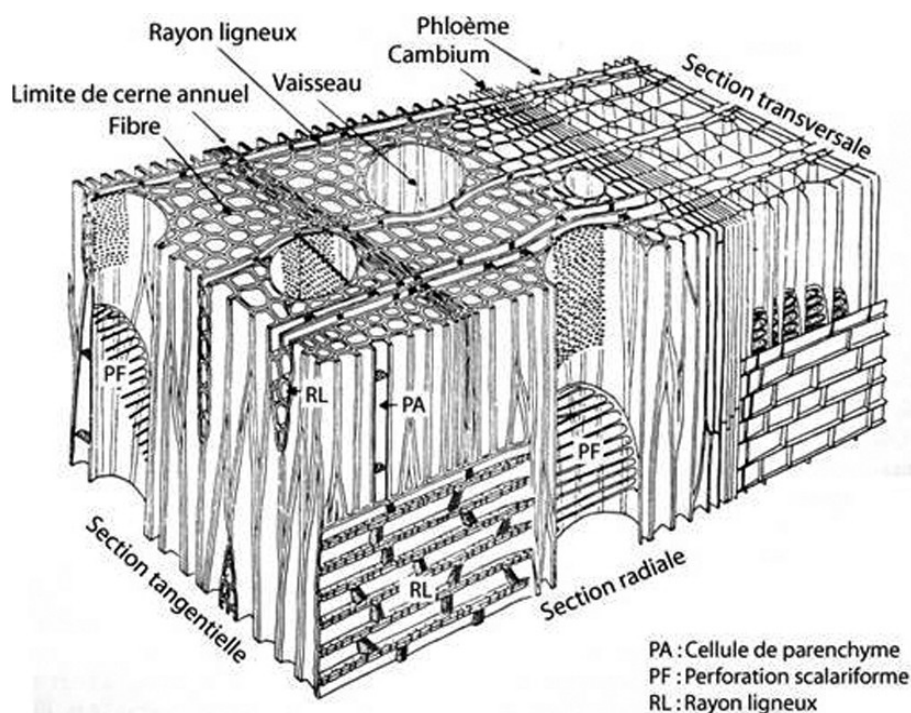


Fig. 3 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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 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 :

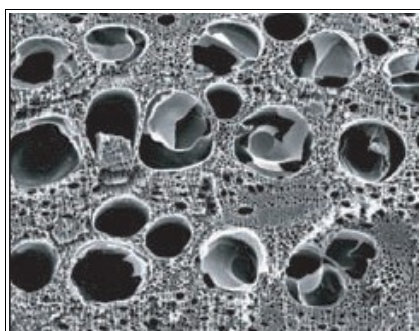
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- **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**

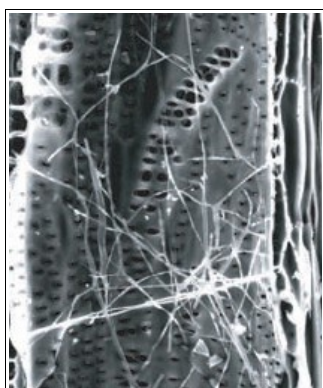
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne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

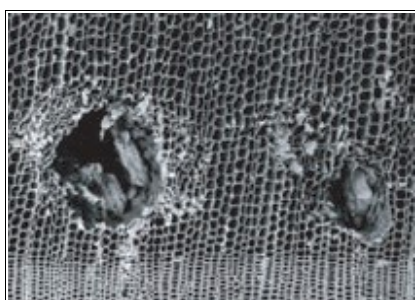
Fig. 5 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

- 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.

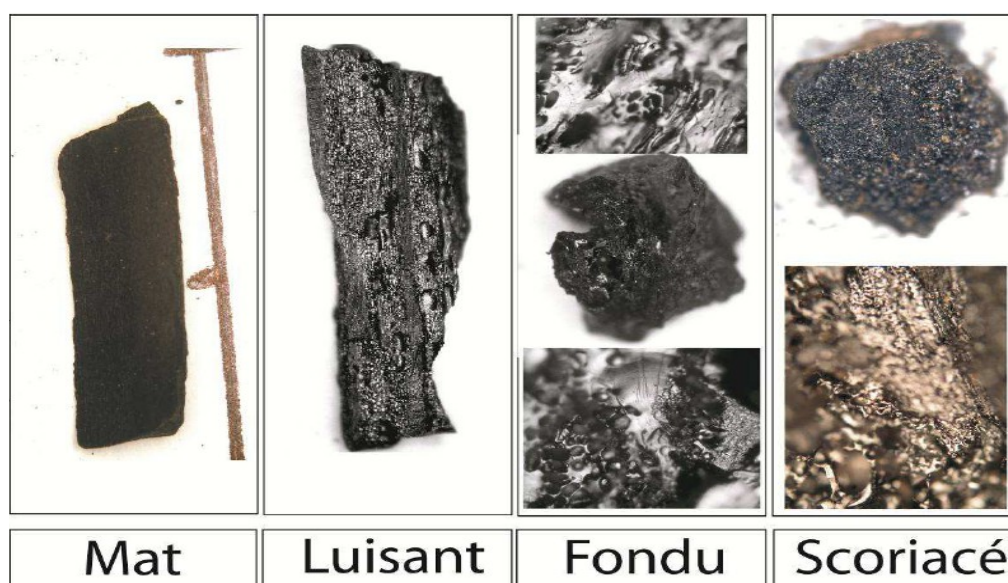
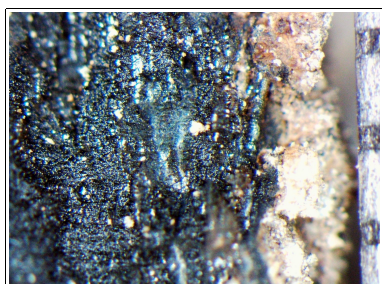


Fig. 8 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques (Oilic, 2011).

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.

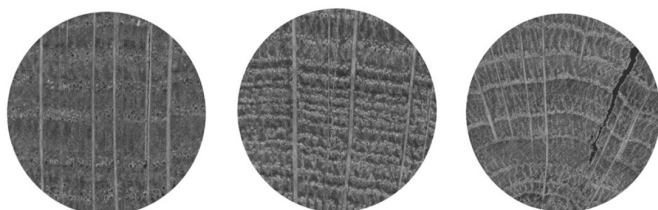


Fig. 10 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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 (Dufraisie *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).

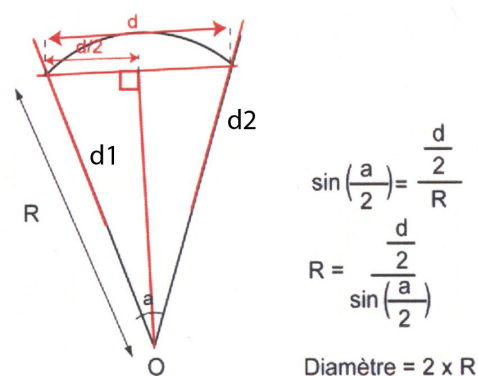


Fig. 11 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

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.

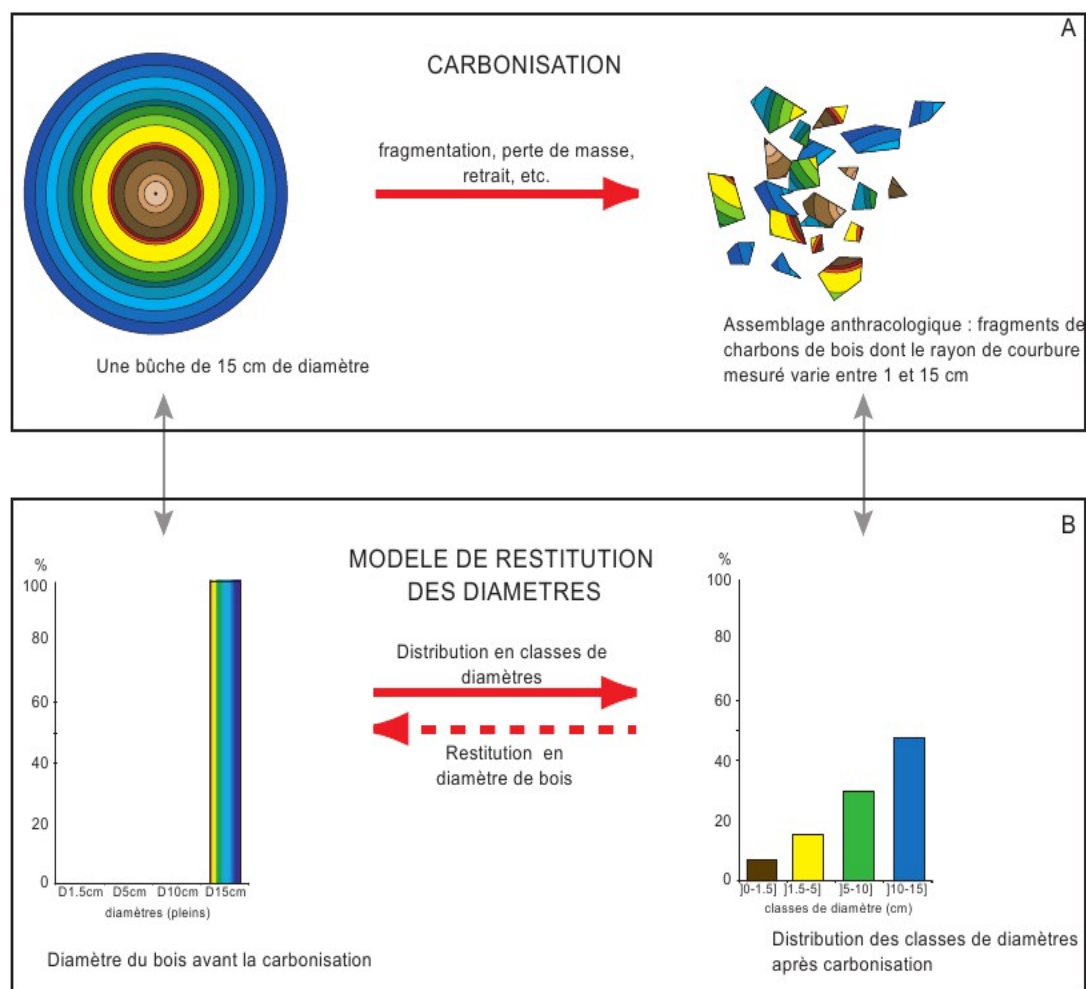


Fig. 12 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

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 6 prélèvements a permis de déterminer **8** 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. L'ensemble des fragments de chêne observés correspondent à des chênes caducifoliés car des rayons multisériés ont systématiquement été observés.

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

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.

L'érable (*Acer sp.*) et plus particulièrement l'érable de Montpellier et à feuille d'obier dans l'aire considérée, est une essence héliophile ou de demi-ombre favorisée par les sols secs et neutres à basiques. On le trouve associé aux bois clairs, forêts de pentes rocheuses, garrigues, rocailles, rochers ensoleillés.

L'érable fait partie des bois « semi-lourds », c'est donc un bois qui possède un bon pouvoir calorifique.

Un fragment d'**arbousier** (*Arbutus sp.*) a été suggéré pour le lot n°1. Cette essence fait partie de la famille des **Ericacées**, famille comprenant de très nombreux genres existant dans les contextes méditerranéens (ex. *Erica arborea*). Ce sont des végétations arbustives généralement assez rustiques. L'arbousier participe fortement aux formations de fourrés tels que le maquis – la garrigue ou de forêts claires à chênes sclérophylles (ex. chêne vert). Il constitue un bois dur se travaillant et se polissant bien. C'est aussi un bon bois de chauffage, il peut fournir un excellent charbon de bois (Rameau *et al.*, 2008).

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 dans ce secteur. Il est subspontané dans de nombreuses régions et de façon générale, il se répartit depuis l'étage collinéen à l'étage subalpin, il montre un spectre écologique très large.

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).

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.

Le pin d'Alep et le pin pignon sont plutôt des essences de l'étage mésoméditerranéen et littoral. Le pin d'Alep est aussi présent dans l'étage thermophile.

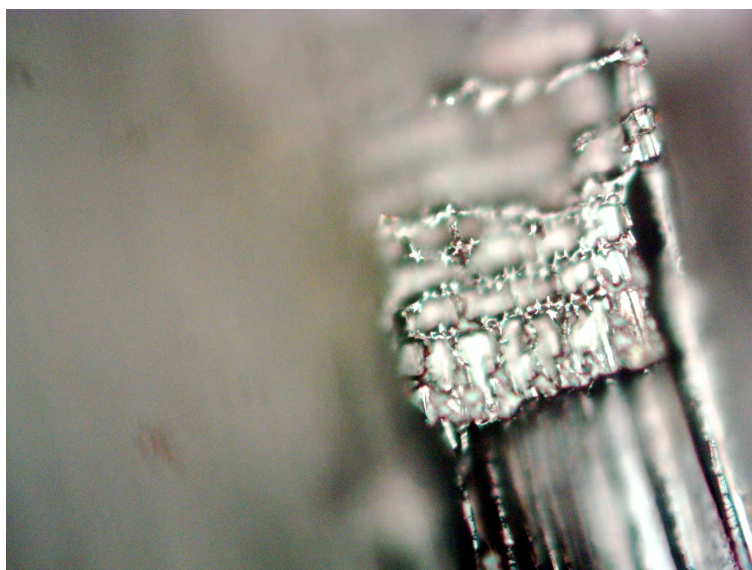


Fig. 13 – Vue anatomique en coupe radiale d'un rayon de pin – probablement de type halepensis. On notera les parois dentées et de type hétérocellulaire, grossissement x400. Prélèvement n° - échantillon n°3

Le **genévrier** (*Juniperus sp.*) est un genre qui correspond soit à l'espèce *Juniperus oxycedre* 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 hauteurs avec des parois épaisses et sans trachéides transversales) est un bon indicateur.

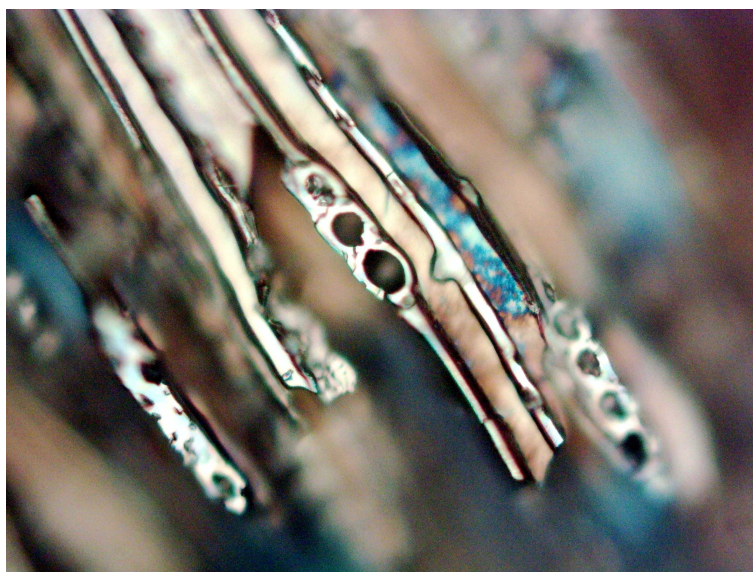


Fig. 14 – Vue anatomique en coupe tangentielle de genévrier (*Juniperus sp.*). On notera la forme des rayons formés par 3 à 5 cellules de hauteur, grossissement x400. Prélèvement lot 13 – tube n°6.

3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS

Les six 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 n°1 (CHARBON 1)

- Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle	Insecte
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant		
Ericacée	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pinus sp.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pomoidée	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Quercus sp.	2	1	1	0	2	0	0	1	0	2	0

Fig. 15 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°1 (Charbon 1).

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Ericacée	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Pomoidée	Intermédiaire	Dur/Luisant	Absence	Absence	Absence	0	1
3	Quercus sp.	Faible	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
4	Quercus sp.	Intermédiaire	Dur/Luisant	Absence	Présence	Absence	0	0
5	Pinus sp.	Faible	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 16 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°1 (Charbon 1).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	2	7	0,98	0,04	0,95	1

Fig. 17 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°1, fragment de chêne du tube n°3.

- **Description**

Le lot comprenait des petits fragments de pin et de chêne. L'hypothèse de restes de torches est plausible (les restes de résineux sont régulièrement observés pour cet usage dans les grottes préhistoriques). Les fragments de Pomoïdées et d'Ericacées (arbousier?) montrent une autre utilisation, peut-être d'allumage.

Le fragment de Pomoïdée semble provenir d'une petite branche (forte courbure de cerne) ce qui le rend plutôt favorable pour une datation.

Tube 1 : Ericacée : petit calibre, courbure de cerne forte à intermédiaire, probablement arbousier? / épaissement spiralés peu nets. : peu favorable car l'essence peut-être très âgée (jusqu' à 400ans)...

Tube 2 : Pomoïdée : petit à moyen calibre. Plutôt favorable pour datation. Aspect « dur luisant » lié peut-être à une combustion en milieu confiné.

Tubes 3 et 4 : Fragments de chêne caducifolié (observations de rayons multisériés) provenant de bois de gros calibre (courbures de cerne faibles). L'observation de thylls indique une provenance depuis le bois de cœur : indice plutôt défavorable pour une datation. Une moyenne de largeur de cerne a été réalisée sur les deux fragments de chêne, indiquant une valeur de 0,98 mm / an. Ce résultat montre des contextes de croissance plutôt difficiles (Fig. 17).

Tube 5 : Le fragment de pin est probablement de type pin d'Alep. Courbure de cerne faible, bois de gros calibre.

3.2. Prélèvement n°2 (CHARBON 2)

• Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Gymnosperme	3	0	0	3	0	0	0	1	0	2
Pinus sp.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Fig. 18 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°2.

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Gymnosperme	Forte	Mat	Absence	Absence	Présence	0	1
2	Gymnosperme	Forte	Mat	Absence	Absence	Présence	3mm (minimum)	1
3	Pinus sp.	Faible	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Prunus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1
5	Gymnosperme	Forte	Dur/Luisant	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 n°2.

• Description

L'hypothèse de restes de torches est de nouveau possible (notamment les restes de résineux). Néanmoins, la détection d'un fragment de Prunus montre une autre utilisation. Bois d'allumage ?

Tubes 1 et 2: Résineux probablement de type pin. Ce sont probablement des fragments de brindilles ou de petites branches. La moelle était apparente. L'écorce bien que peu discernable (tissu peu structuré en périphérie) est pressentie ou bien s'est détachée. Cela est plutôt favorable à une datation. Pour le tube 2, une estimation du rayon donne 3 mm environ (écorce non attestée),

Tube 3 : Fragment de pin probablement de type Alep car trachéïdes aux parois dentées et cellules hétérogènes.

Tube 4 : Prunus, courbure de cerne intermédiaire (branches ?). Il pourrait être un bon candidat pour une datation. C'est une essence qui a une longévité de 50 ans environ, mais le fragment semble provenir d'un bois de calibre intermédiaire ce qui tendrait à réduire un potentiel « effet vieux bois ».

Tube 5 : Fragment de résineux de forte courbure : bois de petit calibre ou cœur de bois. Pas de moelle observée.

-> Proposition : les petites brindilles de résineux (Pin?) des tubes 1 et 2. Le Prunus (tube 4) serait également intéressant pour tenter une datation.

3.3. Prélèvement n°11 (CHARBON 11)

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Acer sp.	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	3	0	1	0	1	0	0	0	0	2

Fig. 20 – 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	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Quercus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
5	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
6	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
7	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
8	Acer sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1
9	Acer sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1
10	Acer sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
11	Quercus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1?

Fig. 21 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°11.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	1	4	0,76	0	0,76	0,76

Fig. 22 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°1, fragment de chêne du tube n°5.

- **Description**

Les fragments étaient encore humides, il a donc été nécessaire d'isoler les fragments pour les sécher afin d'observer les surfaces. Les parois et détails anatomiques étaient peu visibles. L'ensemble correspond à une masse à dominance cendreuse. Quelques fragments se sont révélés être de petits cailloux recouverts par une couche cendreuse (cf. Fig. 26). Quelques rares fragments de chêne et d'érable ont pu être isolés sous stéréomicroscope.

Tubes 1, 2, 3, 6, 7 : Indéterminés. Ce qui semble être des petits charbons sont en fait de petits cailloux recouverts par une fine couche cendreuse. cf. image 26.

Tubes 4, 5 et 11 : Fragments de chêne caducifolié avec thylles indiquant une provenance du bois de cœur (indice défavorable excepté éventuellement pour le fragment du tube n°11...). Une mesure de largeur de cerne a été réalisée sur le fragment n°5 (Fig. 22), indiquant une valeur de 0,76 mm / an. Ce résultat tendrait à montrer un contexte de croissance difficile.

Tubes 8, 9, 10 : Fragments d'érable (*Acer sp.*) de petit calibre à intermédiaire (petites branches?) pour les tubes 8 et 9. L'érable de Montpellier est un arbre qui peut vivre jusqu'à 150 ans... mais les fragments semblent provenir de bois de calibre relativement modeste pour les tubes 8 et 9 ce qui serait plutôt favorable pour tenter une datation. Cependant, il n'y avait pas d'écorce visible, le fragment pourrait donc aussi provenir d'une partie centrale de branche...

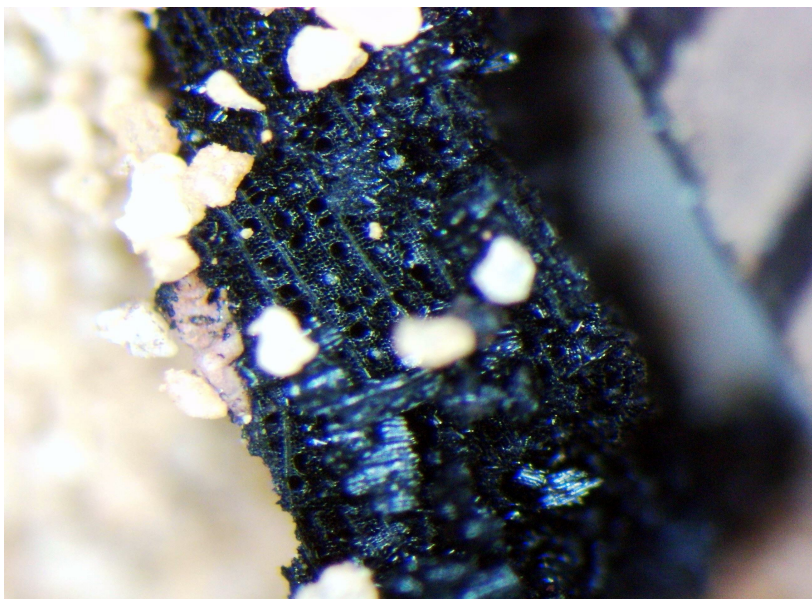


Fig. 23 – Vue en coupe transversale du fragment d'érable tube 10 (*Acer sp.*), grossissement x43. L'échelle à droite représente des millimètres.

3.4. Prélèvement n°12 (CHARBON 12)

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Gymnosperme	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinus sp.	6	0	0	1	0	0	0	0	0
Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 24 – 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	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
5	Pinus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
6	Indéterminé	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	Pinus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
10	Pinus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
11	Pinus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1?
12	Gymnosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
13	Pinus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
14	Pinus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
15	Quercus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
16	Gymnosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
17	Gymnosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 25 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°12.

- **Description**

L'ensemble étudié était moins important que le lot précédent, mais comme pour le lot 11, assez souvent les fragments se sont révélés être de petits cailloux recouverts par une fine couche cendreuse (cf. Fig. 26).

L'ensemble a été prélevé dans des interstices de la paroi droite de la galerie 24.

Quelques fragments de résineux de type pin et un fragment de chêne caducifolié ont pu être isolés sous stéréomicroscope.

Il pourrait s'agir là encore de restes de combustibles pour l'éclairage ?

Tubes 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 : Petits cailloux recouverts par une fine couche cendreuse. Indéterminés. cf. image 26.

Tubes 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17 : Fragments de résineux (Gymnosperme) de type pin. Les trachéïdes transversales montraient des parois dentées et quelques canaux résinifères ont été repérés. Le fragment du tube n°11 montre une forte courbure de cerne. Il pourrait s'agir d'une petite branche, critère plutôt favorable pour une datation.

Tube 15. Fragment de chêne caducifolié (très petit fragment avec un rayon multi-sériés).

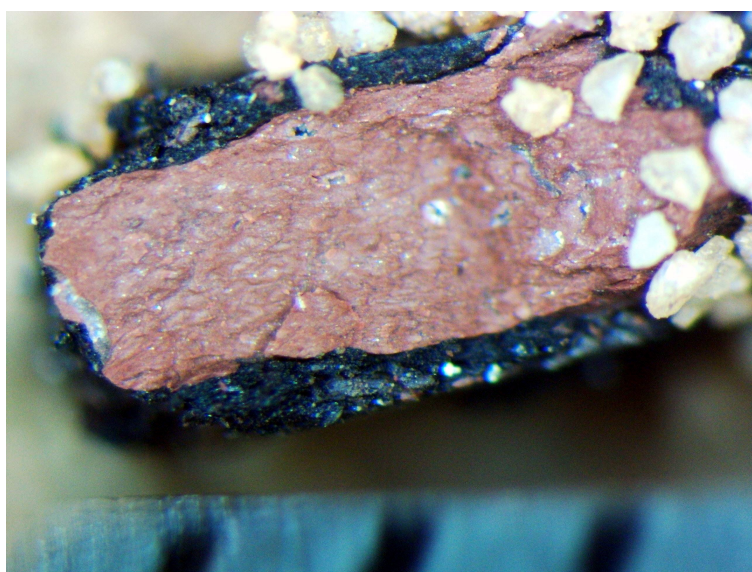


Fig. 26 – Coupe d'un petit cailloux (grain) recouvert par une couche cendreuse, indéterminée. Grossissement x37. Prélèvement lot 12. L'échelle représente des millimètres.

3.5. Prélèvement n°13 (CHARBON 13)

- Résultats

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

Fig. 27 – 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	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
2	Pinus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Juniperus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
5	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
6	Juniperus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
7	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
8	Pinus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
9	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
10	Gymnosperme	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 28 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°13.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	12	0,9	0,27	0,7	1,21

Fig. 29 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°13, fragments de chêne des tubes n°1, 7 et 9.

- **Description**

L'ensemble charbonneux est apparu encore assez humide. Une phase de séchage a été nécessaire pour pouvoir observer des détails anatomiques.

Quelques fragments de chênes, de pins et de genévriers ont été observés. Le lot provient d'un prélèvement effectué au pied de la paroi. Il pourrait là aussi s'agir de restes de combustible d'éclairage.

Tubes 3, 5 : Indéterminés : petits cailloux recouverts par une couche cendreuse.

Tubes 1, 7, 9 : Ce sont des fragments de bois de chêne caducifolié de calibre intermédiaire. Des thylls ont systématiquement été observés indiquant la provenance de bois de cœur : indice plutôt défavorable pour une datation. Les mesures de largeurs de cernes sur 3 fragments montrent une moyenne de 0,9 mm / an, ce qui caractérise plutôt des contextes de croissance difficiles.

Tubes 4 et 6 : Fragments de genévrier (*Juniperus sp.*) de petit à moyen calibre. Le calibre assez modeste des bois serait plutôt favorable pour une datation, cependant à défaut de véritablement pouvoir qualifier le calibre du bois (absence de moelle et d'écorce) ou de localiser les fragments dans le bois (ex. mesure de calibration), la très grande longévité du genévrier (jusqu'à 500 ans selon Rameau et al., 2008) rend assez aléatoire une datation radiocarbone.

Tubes 2, 8, 10 : Résineux de type pin. Les fragments proviennent de parties de bois de calibre intermédiaire (branches?). (Fig. 30)

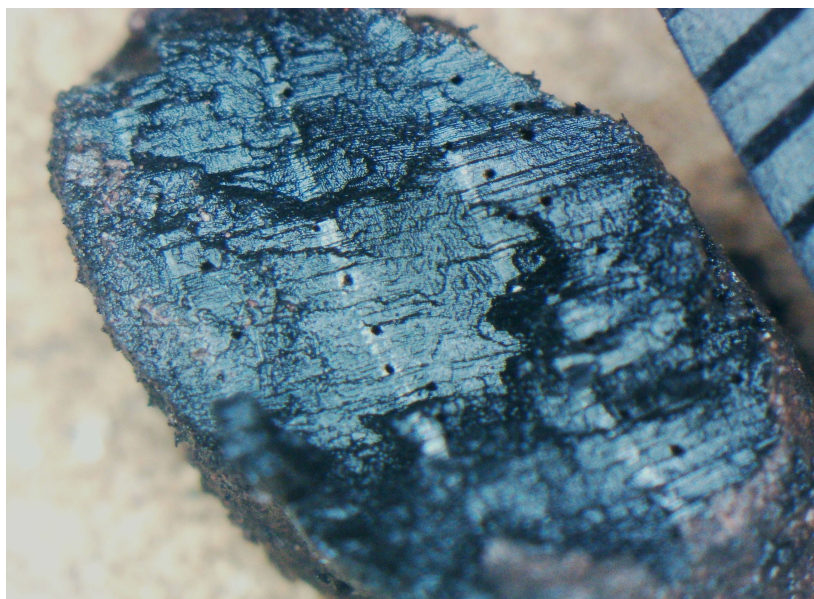


Fig. 30 – Vue en coupe transversale d'un fragment de pin probablement de type Alep de courbure de cerne intermédiaire. Grossissement x10. Fragment du tube n°2. L'échelle à droite représente des millimètres.

3.6. Prélèvement n°15 (CHARBON 15)

● Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. de racine	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	6	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 31 – 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	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
5	Indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
6	Frag. de racine	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
7	Frag. de racine	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
8	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 n°15.

● Description

Les charbons ont été prélevés dans la paroi de droite de la galerie SG24. De nombreux petit fragments de racines et de bois (non carbonisés) ont été observés. Cela rend les tentatives de datation assez aléatoires, car ces restes à priori récents, montrent que des risques de contamination sont très possibles.

Tubes 1, 2, 3, 4, 5 : indéterminés : grains minéraux englobés dans une couche cendreuse.

Tube 6 et 7 : fragment de racine, à priori assez récent. L'intérieur de la racine n'était pas carbonisé (Fig. 33).

Tube 8 : fragment de ligneux non carbonisé. A priori là aussi assez récent ?

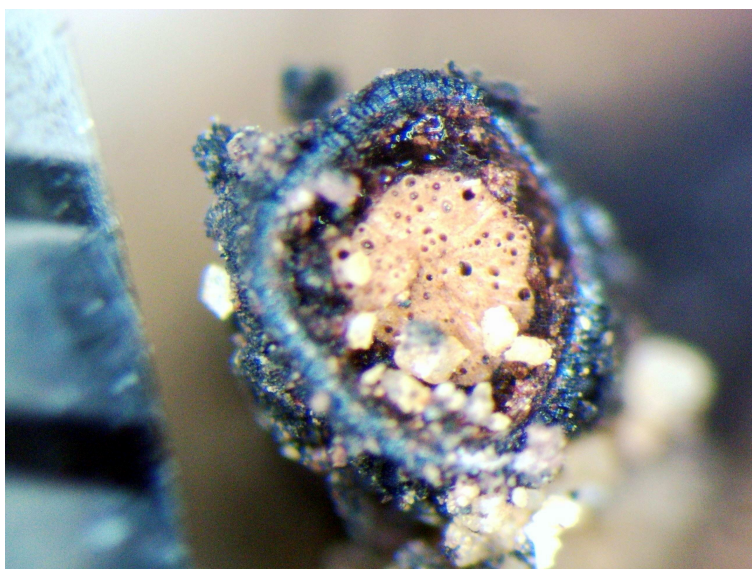


Fig. 33 – Coupe transversale de racine(?). Prélèvement n° 15, Tube 6, grossissements x43.

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.

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.

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.

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