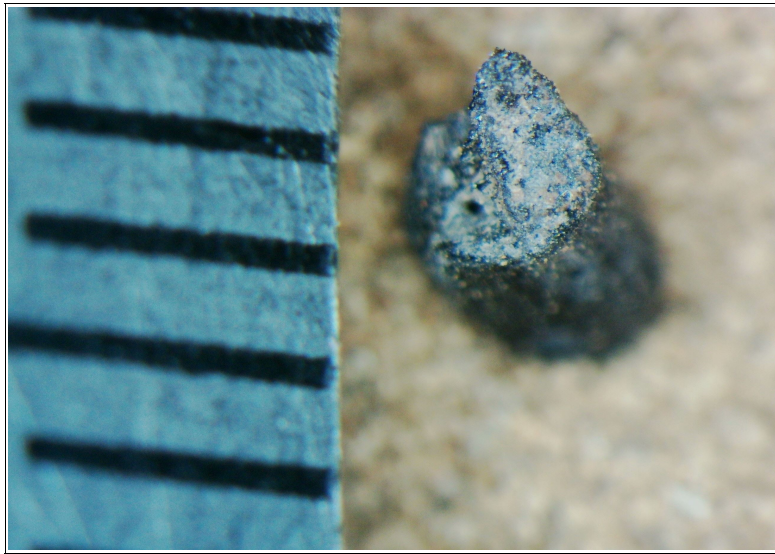




ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES



**SÉLECTION DE CHARBONS EN VUE DE DATATIONS
RADIOCARBONES POUR 10 PRÉLÈVEMENTS EFFECTUÉS
LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE DU SITE DE
GORDOLON À ROQUEBILLIÈRE (06).**

OPÉRATION : GOR 62.22

SERVICE D'ARCHÉOLOGIE DE NICE CÔTE D'AZUR

Mai 2023

Service d'archéologie Nice Côte d'Azur

107 route de Canta-Galet

06200 Nice

Prélèvements réalisés dans des US du site de Gordolon à Roquebillière.

Opération : GOR 62.22

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 2023

Illustration de la page de couverture :

Fragment charbonneux de brindille de section entière observé sous microscope en lumière incidente, coupe transversale, prélèvement n°13 (FS 126, US 4009), tube n°4, grossissement x16, 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. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	13
3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS.....	16
3.1. Prélèvement « PLV n°13, FS 126, US 4009 ».....	17
3.2. Prélèvement « PLV n°51, FS 168, US 3034 ».....	18
3.3. Prélèvement « PLV n°108, FS 215, US 5049 ».....	19
3.4. Prélèvement « PLV n°118, ST 221, US 4127 ».....	20
3.5. Prélèvement « PLV n°130, US 4249 ».....	21
3.6. Prélèvement « PLV n°26, ST 115, US 4031 ».....	22
3.7. Prélèvement « PLV n°104, US 1005 ».....	23
3.8. Prélèvement « PLV n°125, FY 308, US 2339 ».....	24
3.9. Prélèvement « PLV n°132, FS 314, US 3215 ».....	25
3.10. Prélèvement « PLV n°120, SB 75, US 2328 ».....	26
4. BIBLIOGRAPHIE.....	27

INTRODUCTION

Ce document présente un inventaire de fragments charbonneux sélectionnés dans 10 prélèvements du site de Gordolon à Roquebillière (06) (Opération GOR 62.22).

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 préciser les résultats de datations radiocarbone.

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 des fragments de diverses dimensions, parfois des micro-charbons (souvent plus petits que 1 mm... pour les fragments extraits de mortiers).

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Chacun des prélèvements a fait l'objet d'une observation complète des sédiments afin de détecter de potentielles brindilles ou graines.

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE	
Communes – sites :	Site de Gordolon à Roquebillière (Vallée de la Vésubie, 06)
Nom de l'opération / Lieu-Dit :	
Année :	2023
N° OA :	GOR 62.22
Resp. d'Op.	R. MERCURIN
Type d'opération :	
Période d'analyse pressentie	courant mai 2023

Sites	Structure	US	Identifiant	Nb de Fragments observés
Gordolon – Roquebillière (06)	FS 126	US 4009	PLVT 13	4
	FS 168	US 3034	PLVT 51	4
	FS 215	US 5049	PLVT 108	3
	ST 221	US 4127	PLVT 118	4
		US 4229	PLVT 130	5
	ST 115	US 4031	PLVT 26	5
		US 1005	PLVT 104	5
	FY 308	US 2339	PLVT 125	5
	FS 314	US 3215	PLVT 132	4
	SB 75	US 2328	PLVT 120	3
				42

Fig. 1 – Inventaire des 10 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 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.

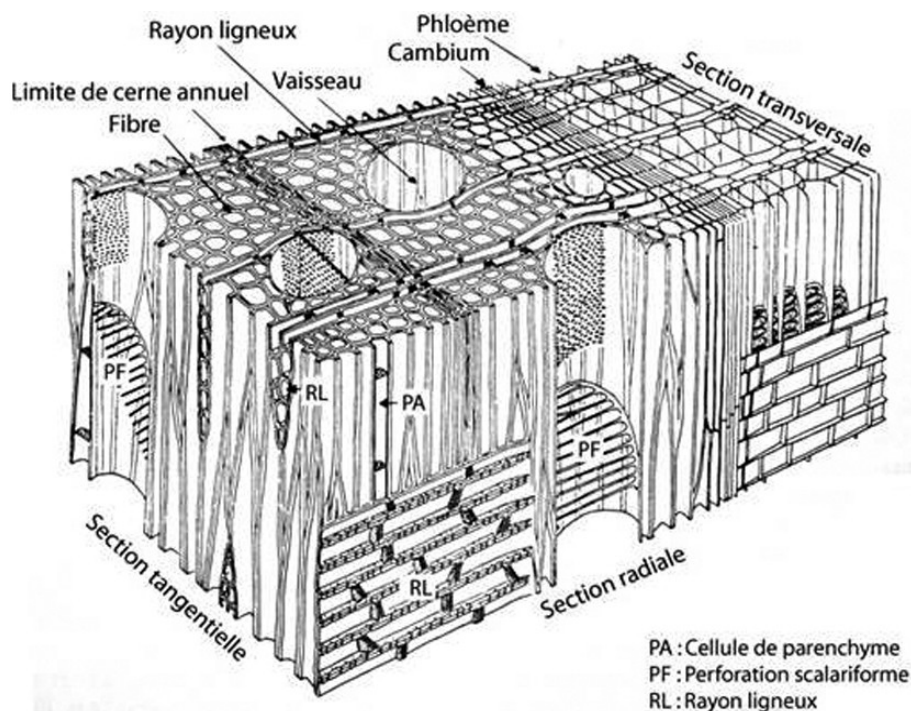


Fig. 3 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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 :

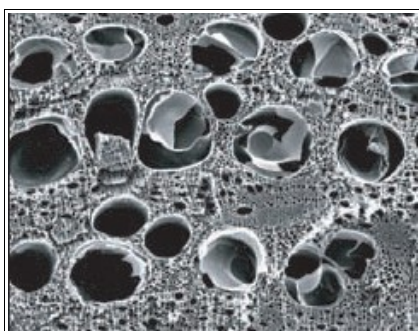
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- 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

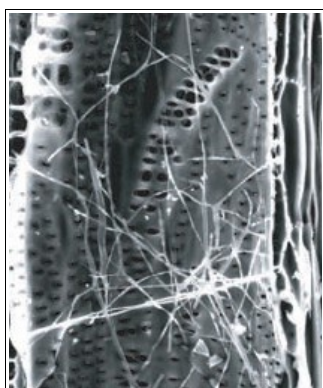
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne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

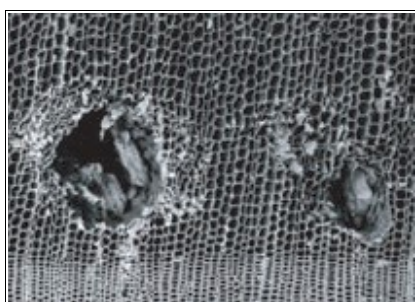
Fig. 5 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

- 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.

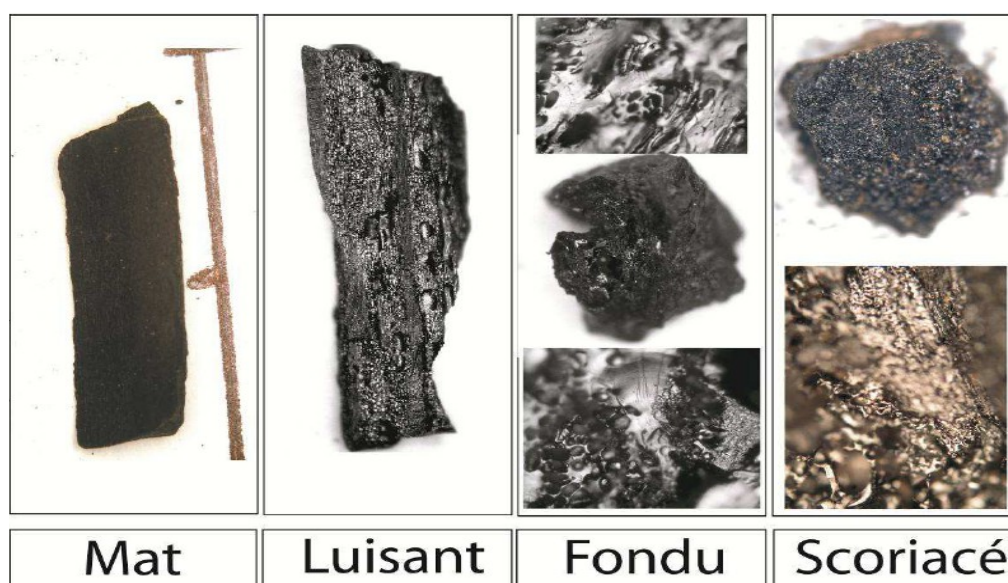
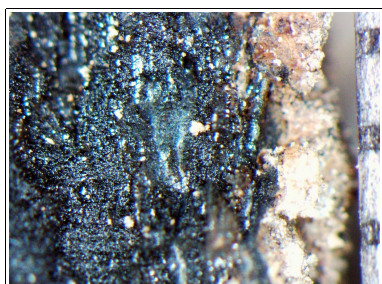


Fig. 8 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques (Oilic, 2011).

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.

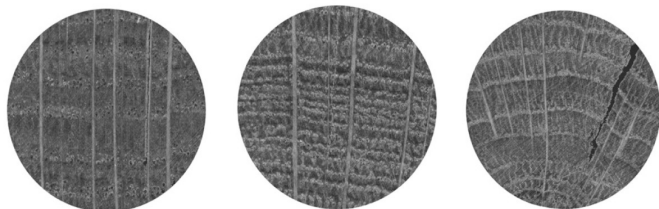


Fig. 10 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

L'étude des 10 prélèvements a permis de déterminer une dizaine de taxons anthracologiques, mais une partie des charbons n'a pas pu être déterminée en raison notamment de la petite taille des fragments. 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. Sur certains fragments, la détermination est suggérée dans les commentaires, mais l'ensemble des critères anatomiques observés étaient objectivement insuffisants pour identifier l'essence à coup sûr.

L'autoécologie des taxons identifiés peut apporter quelques éléments d'interprétation (Rameau *et al.*, 1989 ; 2008) :

Les chênes sclérophylles avec notamment le chêne vert (*Quercus ilex*), le chêne liège (*Quercus suber*) et le chêne kermes (*Quercus coccifera*) correspondent à des biotopes de type garrigues ou bois clairs. Le chêne vert peut se retrouver dans les chênaies méditerranéennes, dans les chênaies pubescentes. Ce sont des espèces xérophiles et thermoxérophiles à large amplitude. Ils forment de bons combustibles. Le chêne vert est un bois très dense qui peut aussi être utilisé pour construire des pièces spécifiques (outils, charpentes de second ordre).

Remarque : Le chêne liège est localisé principalement sur les sols issus de roches siliceuses, non carbonatées (essence calcifuge).

Le chêne (*Quercus sp.*) à feuilles caduques correspond indifféremment, dans le domaine géographique considéré au chêne pubescent (*Quercus pubescens*), chêne sessile (*Quercus petraea*) voire au chêne pédonculé (*Quercus robur*) qui est plus rare dans l'aire méditerranéenne. Le chêne est surtout apprécié comme combustible, bon charbon de bois, il est plutôt difficile à travailler, même s'il peut être occasionnellement utilisé comme bois de charpente.

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

Le châtaignier (*Castanea sp.*) aurait une distribution naturelle en Corse, sur le pourtour méditerranéen et sans doute dans quelques points des Cévennes, Maures et des Pyrénées orientales. Il a été planté partout ailleurs. C'est une espèce relativement thermophile, héliophile ou de demi-ombre que l'on retrouve plutôt sur les sols pauvres en bases et calcaire : sols de pH assez acides. De plus, il est favorisé par les sols assez secs à assez frais. On trouve cette espèce associée aux bois et forêts acidiphiles (ex. chênaies pubescentes sur sols acides). Il fournit un bois hétérogène et à densité assez élevée, il se travaille bien et se débite très bien par fendage. C'est cependant un bois de chauffage moyen, à utiliser en foyer fermé à cause de projections d'escarbilles (Rameau *et al.*, 1989).

Remarque sur la détection du châtaignier :

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

Les **Ericacées** correspondent à une famille comprenant de très nombreux genres existant dans les contextes méditerranéens. Ce sont des végétations arbustives généralement assez rustiques. Quelques fragments de **callune** (*Calluna sp.*), de **bruyères à nombreuses fleurs** (*Erica multiflora*) ou de **bruyères arborescentes** (*Erica arborea*) ont été suggérées mais non confirmées dans les prélèvements n°13 et n°104.

La durée de vie d'une bruyère arborescente est estimée entre 40 et 50 ans. Celle de la callune d'une quinzaine d'années.

Le **noisetier** (*Corylus avellana*) 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.

La durée de vie du noisetier commun est d'environ 50 à 60 ans.

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 » (environ 500 Kg / m³), c'est donc un bois qui possède un bon pouvoir calorifique.

L'érable de Montpellier et l'érable champêtre ont des longévités de l'ordre de 150 ans.

Quelques éléments de **frêne** (*Fraxinus sp.*) ont été identifiés. Ce genre correspond potentiellement à deux espèces d'arbres en région méditerranéenne : le frêne commun et le frêne oxyphylle plus particulièrement méditerranéen. Ce sont des taxons mésophiles à mésohygrophiles que l'on trouve aux bords des eaux ou en zones alluviales. Les bords du « Paillon » ont par exemple pu offrir des conditions propices à ces arbres.

Il est considéré comme un bon bois de chauffage car c'est un bois dense (570 kg / m³) avec un pouvoir calorifique important et générant une combustion lente.

Remarque : Dans la zone considérée, il existe aussi potentiellement le frêne à fleur (*Fraxinus ornus*), moins hygrophile et qui proviendrait plutôt de l'étage supraméditerranéen. Il est assez rare dans les Alpes-Maritimes, il aurait été planté et naturalisé ailleurs.

Le frêne commun (*F. Excelsior*) et le frêne oxyphylle (*F. augustifolia*) ont une longévité de l'ordre de 150 à 200ans.

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 subsontané 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.

Dans le cadre de cette étude, c'est le *Pinus* type *sylvestre/mugo/nigra* (**Pin de type sylvestre / pin mugo / pin noir**) et le pin d'Alep qui ont été identifiés. Le pin sylvestre présente un spectre large, puisqu'on le retrouve depuis l'étage collinéen à l'étage subalpin. Sur le pourtour méditerranéen, il est souvent associé à la série de la chênaie pubescente correspondant globalement à l'étage supraméditerranéen. En revanche le pin mugo est plutôt une essence des étages subalpins et montagnards. Le pin noir est davantage associé à l'étage supraméditerranéen.

Le **pin d'Alep** (*Pinus* type *halepensis*) a aussi été suggéré (prélèvement n°125). Le pin d'Alep est plutôt une essence de l'étage mésoméditerranéen et littoral. Le pin d'Alep est aussi présent dans l'étage thermophile (Rameau *et al.*, 2008).

La longévité du pin sylvestre est de l'ordre de 75 ans, le pin d'Alep pourrait atteindre 200 ans.

3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS

Les dix prélèvements ont 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 « PLV n°13, FS 126, US 4009 »

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant		
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Quercus sp.	3	2	1	0	2	0	1	0	0	1	0

Fig. 11 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°13

Numéro	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Quercus sp.	Faible	Fendu	Absence	Présence	Absence	0	0
2	Quercus sp.	Faible	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Frag. de brindille indéterminé	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Présence	0	1

Fig. 12 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°13.

- **Description**

Tube 1. Fragment de chêne caducifolié avec thylle (bois de cœur?)

Tube 2. Fragment de chêne caducifolié

Tube 3. Fragment de chêne caducifolié avec thylle (bois de cœur?)

Tube 4. Fragment correspondant à une brindille indéterminée. Bois de porosité diffuse avec des rayons multisériés. Peut-être une Ericacée type Arborea (longévité de 40 à 50 ans)? Aspect luisant, écorce probable : plutôt favorable pour une datation.

Charbons à sélectionner pour datation : Tube n°4, probable brindille.

3.2. Prélèvement « PLV n°51, FS 168, US 3034 »

● Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Corylus avellana	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pinus sylvestris / mugo / nigra	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1

Fig. 13 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°51.

Numéro d	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Pinus sylvestris / mugo / nigra	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Corylus avellana	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1
3	Quercus sp.	Intermédiaire	Dur/Luisant	Absence	Présence	Absence	0	0
4	Pinus sylvestris / mugo / nigra	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 14 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°51.

● Description

Ce sont de très petits fragments qui ont pu être observés. Pas de brindilles observées. Aucun graine n'a été vue. En revanche une battiture a été observée.

Tube 1 : Fragment de résineux, probablement pin type sylvestre, de courbure intermédiaire. Pas particulièrement favorable.

Tube 2 : Fragment de noisetier de courbure intermédiaire, pas d'écorce, très petit fragment : plutôt favorable.

Tube 3 : chêne de courbure intermédiaire; présence de thylles caractéristiques de bois de cœur : Peu favorable.

Tube 4 : Fragment de résineux, probablement pin type sylvestre, de courbure intermédiaire. Pas particulièrement favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Le fragment de noisetier (tube 2) est plutôt favorable car le noisetier a eu durée de vie maximale d'environ 50 ans .

3.3. Prélèvement « PLV n°108, FS 215, US 5049 »

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Gymnosperme	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	2	0	1	0	0	0	0	0	0

Fig. 15 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°108.

Numéro d	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Quercus/Castanea	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Quercus/Castanea	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Gymnosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0

Fig. 16 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°108.

- **Description**

Il s'agit de très petits fragments.

Tube 1 : petit fragment de chêne / châtaignier, mais peu d'informations visibles.

Tube 2 : petit fragment mais pas de thylle : potentiellement aubier : à choisir si besoin.

Tube 3 : Gymnosperme, probablement pin de type sylvestre. : pas particulièrement favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Aucun particulièrement favorable. Choisir le fragment du tube n°2 si nécessaire.

3.4. Prélèvement « PLV n°118, ST 221, US 4127 »

- **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
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 17 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°118.

Numéro d	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Quercus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
2	Quercus/Castanea	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Gymnosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
4	Gymnosperme	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 18 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n° 118.

- **Description**

Il de très petits fragments.

Tube 1 : Fragment de chêne, peu favorable.

Tube 2 : Fragment de chêne / châtaignier, peu favorable.

Tube 3 : fragment de résineux, probablement un pin de type sylvestre (en coupe radiale; trachéide aux parois dentées): à choisir si besoin.

Tube 4 : Fragment de résineux, peu favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Aucun particulièrement favorable. Choisir le fragment du tube n°3 si nécessaire.

3.5. Prélèvement « PLV n°130, US 4249 »

- **Résultats**

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

Fig. 19 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°130.

Numéro d	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Pinus sylvestris / mugo / nigra	Forte	Mat	Absence	Absence	1 cerne(s)	0	0
2	Gymnosperme	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
3	Pinus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Gymnosperme	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
5	Pinus sp.	Faible	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 20 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n° 130.

- **Description**

Aucune graine ni fragment de brindille n'a été observée. Les charbons observés correspondaient tous à des résineux.

Tube 1 : Pin de type sylvestre, de forte courbure de cerne avec moelle. Le rayon minimum est de l'ordre de 5 mm, pas d'écorce mais probablement petite branche. moyennement favorable.

Tube 2 : Gymnosperme, probablement le genre *Pinus*, de courbure de cerne intermédiaire, pas d'écorce. Pas particulièrement favorable.

Tube 3 : Gymnosperme probablement genre *Pinus* de courbure intermédiaire. Pas particulièrement favorable.

Tube 4 : Gymnosperme probablement le genre *Pinus*, de forte courbure de cerne, pas d'écorce. Pas particulièrement favorable.

Tube 5 : Gymnosperme probablement le genre *Pinus*, de courbure intermédiaire à faible. Pas particulièrement favorable. A choisir si nécessaire, car situé sur une partie plutôt extérieure.

Charbons à sélectionner pour datation : Aucun particulièrement favorable. Choisir le fragment du tube n°5 si nécessaire.

3.6. Prélèvement « PLV n°26, ST 115, US 4031 »

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Graine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	2	0	1	1	0	0	0	0	0	1
Quercus sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Fig. 21 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°26.

Numéro d	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
2	Quercus/Castanea	Intermédiaire	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
3	Quercus/Castanea	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1
4	Graine	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	0	2 ? si graine
5	Frag. de brindille indéterminé	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	1

Fig. 22 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°26.

- **Description**

Une grande quantité de charbons était présente dans le prélèvement. Parmi les charbons observés, il s'agit de chêne-châtaignier.

Tube 1. Fragment de chêne de courbure de cerne intermédiaire avec des thylls : bois de cœur. Beaucoup de cernes très serrés : arbre adulte. Pas particulièrement favorable.

Tube 2. Fragment de chêne/châtaignier, de courbure intermédiaire avec thylle: duramen. Pas particulièrement favorable.

Tube 3. Fragment de chêne/châtaignier, de forte courbure de cerne, sans thylls (probablement aubier). Il s'agit potentiellement d'une petite branche. Plutôt favorable.

Tube 4. Possible fragment de graine : très dégradée. La détermination serait à vérifier. Si cela se confirmait, le fragment serait très favorable pour une datation.

Tube 5. Fragment indéterminé, il s'agit d'une brindille. L'écorce est absente mais le charbon est plutôt favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : les fragments des brindilles (tubes n°3 et n°5) sont plutôt favorable. Si le fragment du tube n° 4 est bien un fragment de graine, il serait alors très favorable.

3.7. Prélèvement « PLV n°104, US 1005 »

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle	Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant		
Frag. de brindille indéterminé	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1
Fraxinus sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinus sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Fig. 23 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°104.

Numéro d	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Frag. de brindille indéterminé	Forte	Mat	Absence	Présence	Présence	0	1
2	Frag. de brindille indéterminé	Forte	Mat	Absence	Présence	Absence	0	1
3	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Pinus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
5	Fraxinus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 24 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°104.

- **Description**

Tube 1 – Brindille probablement de bruyère type Erica ou callune (ray uni sérié uniquement), vu deux trois cernes; Écorce non vue : indice plutôt favorable car la longévité de la callune est estimée à une quinzaine d'années.

Tube 2 - Brindille probablement de bruyère type arborescente (rayon uni et multi sériés), écorce non vue : indice plutôt favorable.

Tube 3 - Chêne caducifolé ; de calibre intermédiaire avec thylles : bois de coeur ; pas particulièrement favorable.

Tube 4 - Genre *Pinus* probablement de type sylvestre, calibre intermédiaire; moyennement favorable.

Tube 5 – Charbon de frêne de courbure intermédiaire. La longévité d'une frêne est d'une centaine d'années. Le fragment n'est donc pas particulièrement favorable

Charbons à sélectionner pour datation : Les tubes 1 et 2 sont davantage favorables.

3.8. Prélèvement « PLV n°125, FY 308, US 2339 »

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Pinus sp.	4	0	2	2	0	0	1	0	0
Quercus ilex - Q. suber - Q. coccifera	1	0	0	1	0	0	0	0	1

Fig. 25 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°125.

Numéro d	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Pinus sp.	Intermédiaire	Fendu	Absence	Présence	Absence	0	0
2	Pinus sp.	Forte	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
3	Pinus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0
4	Quercus ilex - Q. suber - Q. coccifera	Forte	Fendu / Fendu / luis	Absence	Absence	Absence	0	0
5	Pinus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 26 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n° 125.

- **Description**

Tube 1 : Gymnosperme ; probablement de genre *Pinus* ; courbure intermédiaire et d'aspect fendu ; pas particulièrement favorable.

Tube 2 : Gymnosperme ; probablement genre *Pinus type halepensis* (?) ; courbure forte; probable brindille (écorce incertaine) moyennement favorable : à choisir si nécessaire.

Tube 3 : Gymnosperme ; probablement genre *Pinus type halepensis* (?) ; courbure intermédiaire; moyennement favorable

Tube 4 : Fragment de chêne sclérophylle, nœud ; c'est une essence de forte longévité. Pas particulièrement favorable.

Tube 5 : Gymnosperme ; probablement genre *Pinus type halepensis* (?) ; courbure forte; probable brindille (écorce incertaine) moyennement favorable, à choisir si nécessaire.

Charbons à sélectionner pour datation : *Aucun particulièrement favorable. Choisir les fragments des tubes n° 2 et 5 si nécessaire.*

3.9. Prélèvement « PLV n°132, FS 314, US 3215 »

- **Résultats**

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

Fig. 27 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°132.

Numéro d	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Corylus avellana	Forte	Fendu/Luisant	Absence	Présence	Absence	0	1
2	Indéterminé	Intermédiaire	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
3	Corylus avellana	Forte	Fendu/Luisant	Absence	Absence	Absence	0	1
4	Acer sp.	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°132.

- **Description**

Aucun fragment de brindille ni de graine n'a pu être observé.

Tube 1. Fragment de noisetier (*Corylus avellana*), fragment de forte courbure de cerne, d'aspect dur-luisant ; plutôt intéressant pour une datation. Le noisetier a une longévité maximale de l'ordre de 50-60 ans.

Tube 2. Fragment indéterminé, potentiellement figuier ?... pas particulièrement favorable.

Tube 3. Fragment de noisetier (*Corylus avellana*), fragment de forte courbure de cerne, dur fendu luisant ; plutôt intéressant pour une datation.

Tube 4. Fragment d'érable (*Acer sp.*), de courbure intermédiaire. L'érable a une longévité de l'ordre de 150 ans. Pas particulièrement favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Les tubes 1 et 3 seraient à privilégier.

3.10. Prélèvement « PLV n°120, SB 75, US 2328 »

- **Résultats**

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Fraxinus sp.	2	0	1	1	0	0	0	0	0
Quercus ilex - Q. suber - Q. coccifera	1	0	1	0	0	0	0	0	1

Fig. 29 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°120.

Numéro d	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Rayon	Priorité
1	Quercus ilex - Q. suber - Q. coccifera	Intermédiaire	Fendu / luis	Absence	Présence	Absence	0	0
2	Fraxinus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Présence	Absence	0	0
3	Fraxinus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0	0

Fig. 30 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement n°120.

- **Description**

Il y a beaucoup de fragments de brindilles.

Tube 1 : Fragment de chêne sclérophylle ; de calibre intermédiaire, nœud et d'aspect fendu. Forte longévité, pas particulièrement favorable.

Tube 2 : Fragment de frêne de courbure forte à intermédiaire. Le frêne a une longévité de l'ordre de 150 à 200 ans. Il n'est donc pas particulièrement favorable. Si nécessaire, le fragment de ce tube n°2 serait à choisir car il est davantage excentré (courbure intermédiaire) dans le tronc ou la branche d'origine par rapport au fragment du tube n°3.

Tube 3 : Fragment de frêne de forte courbure de cerne. pas particulièrement favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Aucun particulièrement favorable. Choisir le fragment du tube n° 2 si nécessaire.

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.

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.

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.