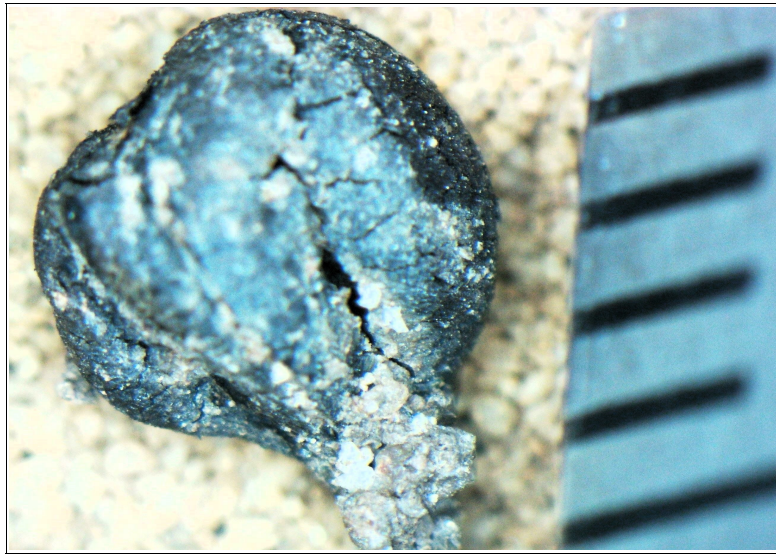




ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES



**IDENTIFICATION DE CHARBONS SÉLECTIONNÉS POUR DES
DATATIONS RADIOCARBONES PRÉLEVÉS LORS DE
L'OPÉRATION SUR LE SITE DE « AN DER UET » SUR LA
COMMUNE DE REMERSCHEN (LUXEMBOURG).**

OPÉRATION : 2022-028

INRA

SERVICE D'ARCHÉOLOGIE PRÉHISTORIQUE

Janvier 2024

Institut National de Recherches Archéologiques

Service d'archéologie préhistorique

Identification de charbons sélectionnés pour des datations radiocarbone prélevés lors de l'opération sur le site de « An Der Uet » sur la commune de Remerschen (Luxembourg).

Opération : 2022 - 028

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

Janvier 2024

Illustration de la page de couverture :

Pépin de raisin carbonisé (Vitis sp) (en attente de confirmation), observé sous stéréomicroscope. Prélèvement n°28, grossissement x15, 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.....	14
3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS.....	17
4. RESULTATS D'ANALYSES.....	18
4.1. Prélèvement n°2.....	18
4.2. Prélèvement n°20.....	19
4.3. Prélèvement n°24.....	20
4.4. Prélèvement n°28.....	21
4.5. Prélèvement n°33 = n°34.....	22
4.6. Prélèvement n°35.....	23
4.7. Prélèvement n°38.....	25
4.8. Prélèvement n°46.....	26
4.9. Prélèvement n°49.....	28
4.10. Prélèvement n°43.....	29
4.11. Prélèvement n°44.....	30
4.12. Prélèvement n°45.....	31
5. BIBLIOGRAPHIE.....	32

INTRODUCTION

Ce document présente un inventaire de fragments charbonneux qui ont été sélectionnés en vue de datations radiocarbone sur le site de « An Der Uet » sur la commune de Remerschen (Luxembourg).

Les prélèvements proviennent des comblements de différentes structures attribuées au Néolithique jusqu'à l'Epoque moderne.

L'objectif est d'analyser ces charbons afin principalement d'identifier les essences, mais aussi dans la mesure du possible, d'observer un certain nombre de traits anatomiques en vue d'enrichir l'interprétation archéologique.

Ce rapport fait état des observations anthracologiques effectuées sur des fragments de diverses dimensions, parfois des micro-charbons.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Chacun des prélèvements a fait l'objet d'une observation complète.

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE	
Commune :	Site de « An Der Uet » sur la commune de Remerschen (Luxembourg)
Nom de l'opération / Lieu-Dit :	
Année :	2024
N° OA :	2022-028
Resp. d'Op. ou commanditaire	F. Valotteau ; A. Hauzer
Type d'opération :	
Période d'analyse pressentie	Mois de janvier 2024

n° plv	Fait	Notes	Fragments observés	Fragments sélectionnés pour datation
PR02	007	époque Moderne ?	90	3
PR20	009		30	2
PR24	020		45	5
PR28	021		36	6
PR33	039		1	1
PR35	039		90	5
PR38	039		55	5
PR46	053		202	10
PR49	126		37	5
PR43	039.1		41	3
PR44	039.3		51	3
PR45	039.5		35	4
Sommes :			713	52

Fig. 1 – Inventaire des 12 prélèvements et effectifs des fragments 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.

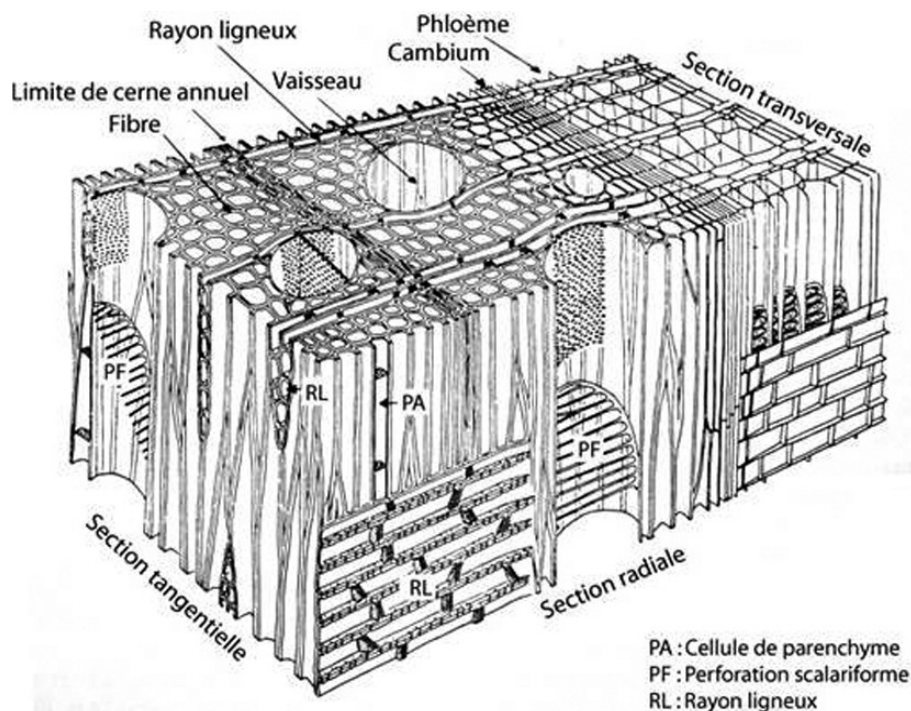


Fig. 3 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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 Pomoidées, sous-famille des Rosacées. Les espèces suivantes s'y retrouvent : Amélanche (*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 : distinction entre bois de cœur et bois d'aubier**

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 et sélectionner les fragments d'aubier, plus favorables aux datations radiocarbone. On estime en effet que le bois d'aubier correspond en moyenne, aux trente dernières années de vie de l'arbre.

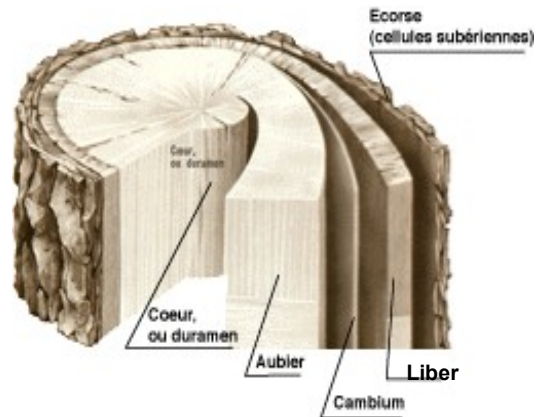
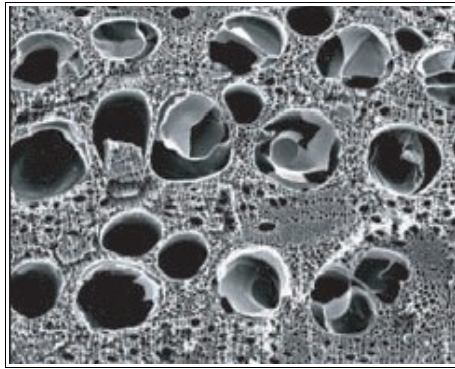
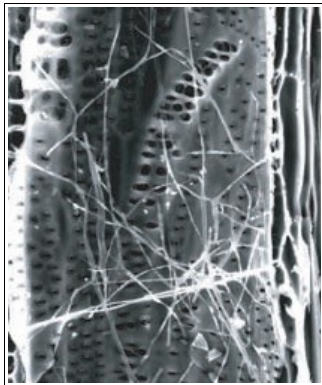


Fig. 4 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à la présence de thylles, des autres tissus dont l'aubier (thylles absents).

- la présence d'hyphes de champignons dans les vaisseaux.



Dans les vaisseaux observés en coupe longitudinale, des filaments blancs sont parfois détectés. Ils correspondent aux hyphes qui envahissent et pénètrent dans le bois mort ou mourant en conditions aérobies à partir des champignons qui se développent à la surface des arbres.

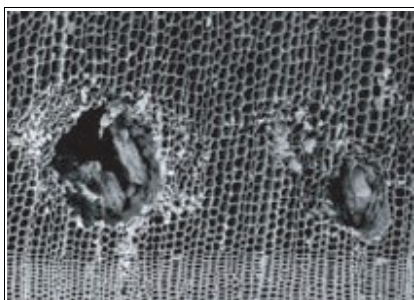
Fig. 5 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

- 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.

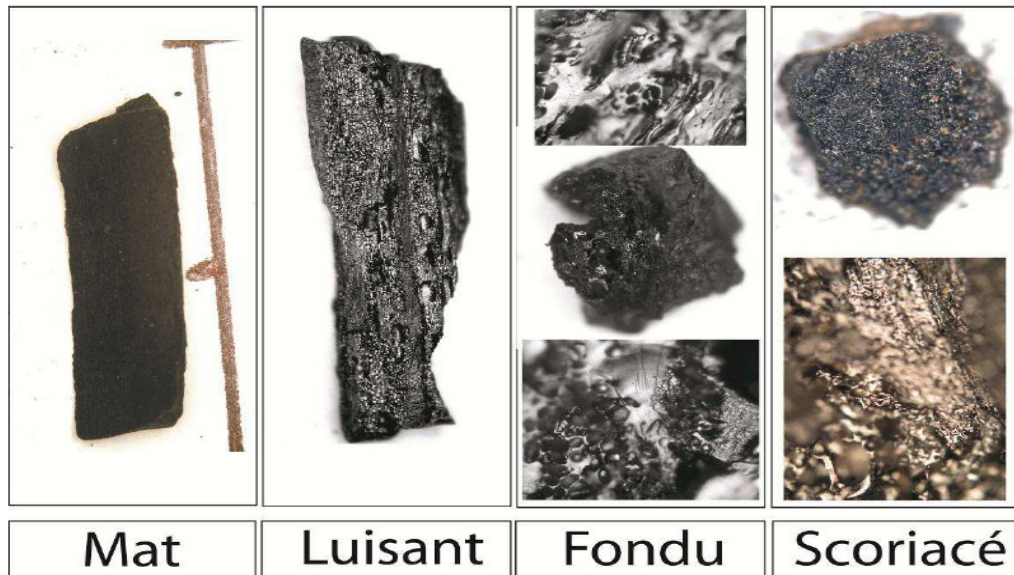
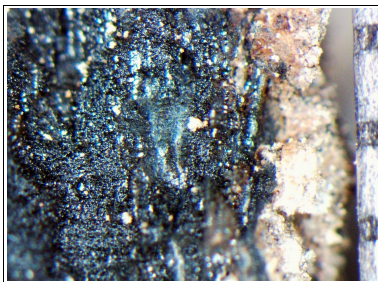


Fig. 8 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques (Oilic, 2011).

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.

- Mesures des largeurs moyennes de cernes ou croissance radiale :

La largeur moyenne des cernes à faible courbure des charbons a également été tentée sur quelques individus lisibles afin d'apprécier l'homogénéité ou l'hétérogénéité des biotopes d'approvisionnement et de déterminer la nature du peuplement d'où ont été extraits les charbons.

A noter que sur les petites branches (bois de petit calibre, à forte courbure) cette mesure n'a pas de sens du fait de leur croissance totalement excentrée. De plus, la croissance des arbres est plus vigoureuse durant les premières années de vie ce qui donne en règle générale des largeurs très larges pour les premiers cernes. Nous écartons aussi ces cas en ne retenant que les charbons présentant des courbures faibles (charbons en provenance de troncs de fort calibre et donc relativement âgés). L'observation de la largeur des cernes d'accroissement renseigne notamment sur l'état du peuplement végétal au sein duquel le bois a été récolté. En forêt dense, l'intensité d'assimilation et de transpiration des individus est telle que les arbres connaissent une pousse lente et régulière (cernes étroits). En revanche, un milieu plus ouvert est riche en bois à croissance rapide (cernes larges).

Une synthèse des résultats réalisés sur le Massif armoricain (Marguerie et Hunot, 2007) a permis de montrer une évolution des largeurs de cerne en fonction du temps.

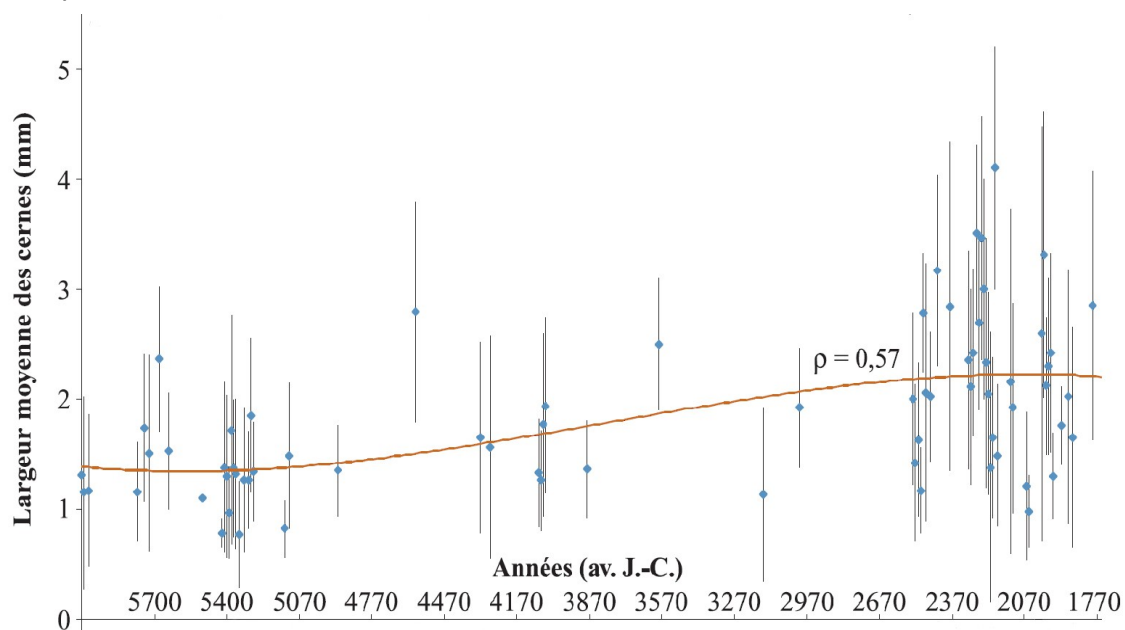


Fig. 10 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie et al., 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 8). On constate des valeurs comprises entre 1 et 2 mm au cours du Néolithique puis une augmentation régulière de ces valeurs au moins jusqu'au début de l'Antiquité. Cette évolution est principalement interprétée par l'effet de l'ouverture du paysage. Les boisements fermés du Néolithique se concrétisent par des croissances difficiles (moyennes des largeurs de cerne comprises entre 1 et 2 mm) et vont progressivement céder la place à des boisements plus clairs et des formations de types lisières, haies, plus favorables à la croissance des arbres (moyennes comprises entre 4 mm et 1 mm). On note toutefois une hétérogénéité des valeurs durant l'Age du fer indiquant probablement la coexistence de milieux plus ouverts mais aussi de milieux fermés.

De nos jours, les croissances recherchées par les forestiers dans le cadre de gestions sylvicoles de type futaie sont de l'ordre de 5 mm / an.

Remarque. Il n'existe actuellement pas de synthèse régionale.

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

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

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 11). Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera la provenance d'au moins une pièce de bois de gros calibre : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

Remarque : L'interprétation doit s'appuyer sur des ensembles statistiquement représentatifs. Par exemple, l'interprétation de bois de petit calibre pourra se faire uniquement si l'on est en présence exclusivement de fragments de courbure de cerne forte. En revanche, l'observation dans un même ensemble de fragments avec à la fois des courbures faibles, intermédiaires et fortes ne permet pas de conclure sur la composition exacte du calibre des bois utilisés. Dans ce cas, seule l'utilisation pour une partie au moins de bois de gros calibre peut être avancée.

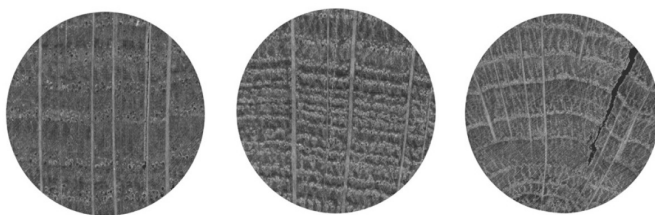


Fig. 11 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

L'étude des 12 prélèvements a permis de déterminer une dizaine d'essences. 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) :

- **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 radiocarbones, les charbons de chêne sont donc potentiellement très sensibles à « l'effet vieux bois ». D'où l'intérêt de ne sélectionner que des fragments provenant de l'aubier. Les quelques fragments potentiellement intéressants pour des datations proviennent uniquement de l'aubier.

- **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 seul 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 Pomoïdeae ou Maloïdeae** (ex. aubépine, poirier, néflier, alisier, cormier) 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. Les charbons du genre *Prunus sp.* peuvent aussi correspondre aux merisiers et aux cerisiers.

La longévité des Pomoïdées est hétérogène : potentiellement très longue pour l'aubépine (Crataegus jusqu'à 600 ans) et plus court pour les cotonéaster (jusqu'à 30 ans).

- **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 longévité relativement faible du noisetier en fait un bon candidat pour les datations radiocarbone. En effet, sa durée de vie est estimée en moyenne entre 20 et 30 ans (voire 60 ans maximum).

- **Quelques éléments de frêne (*Fraxinus sp.*)** ont été identifiés. Ce genre correspond au frêne commun (*Fraxinus excelsior*) dans la région considérée. C'est un taxon mésophile à mésohygrophile que l'on trouve dans les bois frais, aux bords des eaux, sur les versants ombragés. Il est souvent associé aux forêts ripicoles, chênaies et hêtraies-chênaies. Le feuillage est un très bon fourrage pour les animaux (Rameau *et al.*, 1989). 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.

Sa longévité est de l'ordre d'un siècle.

- **L'érable** (*Acer sp.*) et plus particulièrement l'érable champêtre est une essence héliophile ou de demi-ombre favorisée par les sols mésophiles et neutres à basiques. C'est un arbre que l'on retrouve plutôt sur des sols riches en bases mais aussi en azote (pH basique à neutre). Il possède une stratégie de croissance et de captation de la lumière typique d'une essence de trouée, qui le rend également apte aux systèmes bocagers.

A l'état naturel on le trouve plutôt en lisière forestière ou dans des forêts ouvertes. Il s'associe bien avec la chênaie-hêtraie. C'est un bois dur et dense qui présente une forte résistance mécanique, il est utilisé pour fabriquer des manches d'outils des établis... Essence utilisée aussi en plantation d'alignement ou en ornement. C'est un bon combustible.

Sa longévité est de l'ordre d'un siècle.

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

Sa longévité est relativement faible (entre 60 et 100 ans) .

Des fragments de graines (céréales, Fabacées?), de noisette et pépins ont aussi été observés. Ils sont davantage favorables que les fragments de bois car ils correspondent à une année de vie.

Les genres **nerpruns / filaire** (*Rhamnus sp.* / *Phillyrea sp.*) constituent un taxon anthracologique car ils sont difficilement discernables sur les fragments étudiés. Ce sont des arbrisseaux, épineux correspondant à des végétations arbustives (ex. garrigues, fruticées, manteaux arbustifs, bois clairs) associées plutôt à des milieux pauvres et secs. On les retrouve dans les étages collinéens à montagnards et dans les étages supraméditerranéens.

Au regard du contexte géographique, il s'agit probablement du nerprun, dont la durée de vie peut aller jusqu'à une centaine d'années au maximum.

3. INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES PRELEVEMENTS

Les 12 prélèvements ont livré des charbons favorables pour des datations C14.

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 carbonneuse 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.

4. RESULTATS D'ANALYSES

4.1. Prélèvement n°2

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus sp.	faible	Mat	Absence	Absence	Absence	0
2	Quercus sp.	faible	Mat	Absence	Absence	Absence	0 à choisir
3	Quercus sp.	faible	Mat	Absence	Absence	Absence	0

Fig. 12 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°2

- **Description**

Trois fragments ont été retenus, ils correspondent tous à du chêne (*Quercus sp.*). Nous avons retenus des fragments appartenant potentiellement à de l'aubier (absence ou rare thylles dans les vaisseaux).

L'observation globale n'a pas permis d'observer de brindilles ni de graines. En revanche, quelques fragments provenant de l'aubier ont été sélectionnés.

Sélection de charbons pour datation :

Tube 1 : charbon de chêne de faible courbure de cerne et sans ou peu de thylle.

Tube 2 : charbon de chêne de faible courbure de cerne et sans ou très peu de thylles. Il y a un peu plus de matière que tube n°1.

Tube 3 : fragment de chêne de courbure de cerne intermédiaire, absence de thylles. Fragment est donc assez favorable car il provient probablement d'une partie d'aubier.

Charbons à sélectionner pour datation : Choisir de préférence le fragment du tube n°1 si nécessaire.

4.2. Prélèvement n°20

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Pomoïdée	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
2	Pomoïdée	Intermédiaire	Dur luisant	Absence	Absence	Absence	0

Fig. 13 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°20

- **Description**

L'observation globale n'a pas permis d'observer de brindilles ni de graines.

Sélection de charbons pour datation :

Les charbons sélectionnés correspondent à des fragments de Pomoïdées, dont la longévité est hétérogène : potentiellement très longue pour l'aubépine (*Crataegus* jusqu'à 600 ans) et plus court pour les cotonéaster (jusqu'à 30 ans). Ils sont un peu plus favorables que le chêne, d'où leur sélection, mais ils ne sont pas particulièrement favorables (absence de l'écorce).

Tube 1 : Pomoïdée, charbon de courbure intermédiaire.

Tube 2 : Pomoïdée, charbon de courbure intermédiaire.

Charbons à sélectionner pour datation : Pas particulièrement favorables...

4.3. Prélèvement n°24

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Corylus avellana	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1 à choisir
2	Acer sp	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
3	Corylus avellana	Indéterminé	Dur luisant	Absence	Absence	Absence	1
4	Corylus avellana	Forte	Dur luisant	Absence	Absence	Absence	1
5	Corylus avellana	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1

Fig. 14 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°24

- **Description**

L'observation globale n'a pas permis d'observer de brindilles ni de graines. Plusieurs fragments de noisetier, essence de longévité plutôt courte (30 – 50 ans), ont été sélectionnés.

Sélection de charbons pour datation :

Tube 1 : Brindille de noisetier mais écorce indistincte. Extraction du cerne le plus extérieur. Même si l'écorce n'est pas bien visible, compte tenu de la faible longévité de l'essence et de la probabilité que ce soit une brindille, le fragment est favorable pour une datation.

Tube 2 : Fragment d'érable de courbure intermédiaire. longévité d'environ 100 ans. Un peu moins favorable que le noisetier.

Tube 3 : fragment de noisetier de courbure faible à intermédiaire, d'aspect dur luisant; plutôt favorable.

Tube 4 : fragment de noisetier de forte courbure de cerne, d'aspect dur luisant;

Tube 5 : fragment de noisetier de forte courbure de cerne.

Charbons à sélectionner pour datation : Choisir plutôt le fragment du tube n°1, car il semble que le fragment correspond à une brindille. Le cerne le plus à l'extérieur a été prélevé. Au besoin les autres fragments de noisetier peuvent aussi être sélectionnés.

4.4. Prélèvement n°28

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Pomoïdée	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
2	Pomoïdée	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
3	Acer sp	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1
4	Acer sp	Intermédiaire	Dur luisant	Absence	Absence	Absence	1
5	pépin de raisin		Mat	Absence	Absence	Absence	2 (à choisir)
6	pépin de raisin		Mat	Absence	Absence	Absence	2

Fig. 15 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°28

- **Description**

L'observation globale a permis d'identifier de probables pépins de raisin (à confirmer par un carpologue). S'ils sont bien contemporains à l'US, ils seraient les plus favorables à une datation C14.

Sélection de charbons pour datation :

Tube 1 : fragment de Pomoïdées, longévité hétérogène.

Tube 2 : fragment de Pomoïdées, longévité hétérogène (un peu plus favorable que tube 1).

Tube 3 : fragment d'érable, de forte courbure de cerne ; longévité d'un siècle.

Tube 4 : fragment d'érable, de courbure de cerne intermédiaire ; longévité d'un siècle. Un peu plus favorable que les tubes 1, 2 et 3 car situé un peu plus à l'extérieur (courbure intermédiaire).

Tube 5 : pépin de raisin, fragment le plus favorable pour une datation car correspond à une année de vie.

Tube 6 : pépin de raisin, fragment très favorable pour une datation. Autant que le tube 5. Attention toutefois, il y avait un peu de mycellium (champignon) à la surface du fragment. Il a été retiré dans la mesure du possible.

Charbons à sélectionner pour datation : Fragment du tube n°5 (à choisir de préférence) et n°6.

4.5. Prélèvement n°33 = n°34

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Pomoidée	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0

Fig. 16 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°33

- **Description**

L'observation globale n'a pas permis d'observer de brindilles ni de graines. Un seul fragment de Pomoidée, essence de longévité hétérogène a été sélectionné.

Tube 1 : Pomoidée, fragment montrant une forte courbure de cerne mais pas d'écorce visible.. longévité hétérogène. Donc pas particulièrement favorable.

4.6. Prélèvement n°35

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Pomoidée	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
2	Rhamnacée (nerprun?)	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1
3	graine		Mat	Absence	Absence	Absence	2
4	graine (Céréale)		Mat	Absence	Absence	Absence	2 (à choisir)
5	Fraxinus sp	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1

Fig. 17 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°35

- **Description**

L'observation globale a permis d'observer des graines, à priori très favorables.

Tube 1 : Pomoïdée, fragment de courbure intermédiaire, pas particulièrement favorable car longévité hétérogène.

Tube 2 : fragment de Rhamnacée, probablement le nerprun purgatif dans le contexte géographique. Une longévité d'une centaine d'années. Plutôt favorable, car le fragment provient d'une partie plutôt extérieure (courbure de cerne intermédiaire).

Tube 3 : graine indéterminée, très favorable.

Tube 4 : grain de céréale (à confirmer par un carpologue), à choisir par rapport au tube n°3

Tube 5 : fragment de frêne de courbure intermédiaire. Longévité de l'ordre d'un siècle.

Charbons à sélectionner pour datation : Fragment de graine de céréale du tube n°4 (à choisir de préférence car présente un peu plus de matière. La forme atteste davantage une graine de céréale).

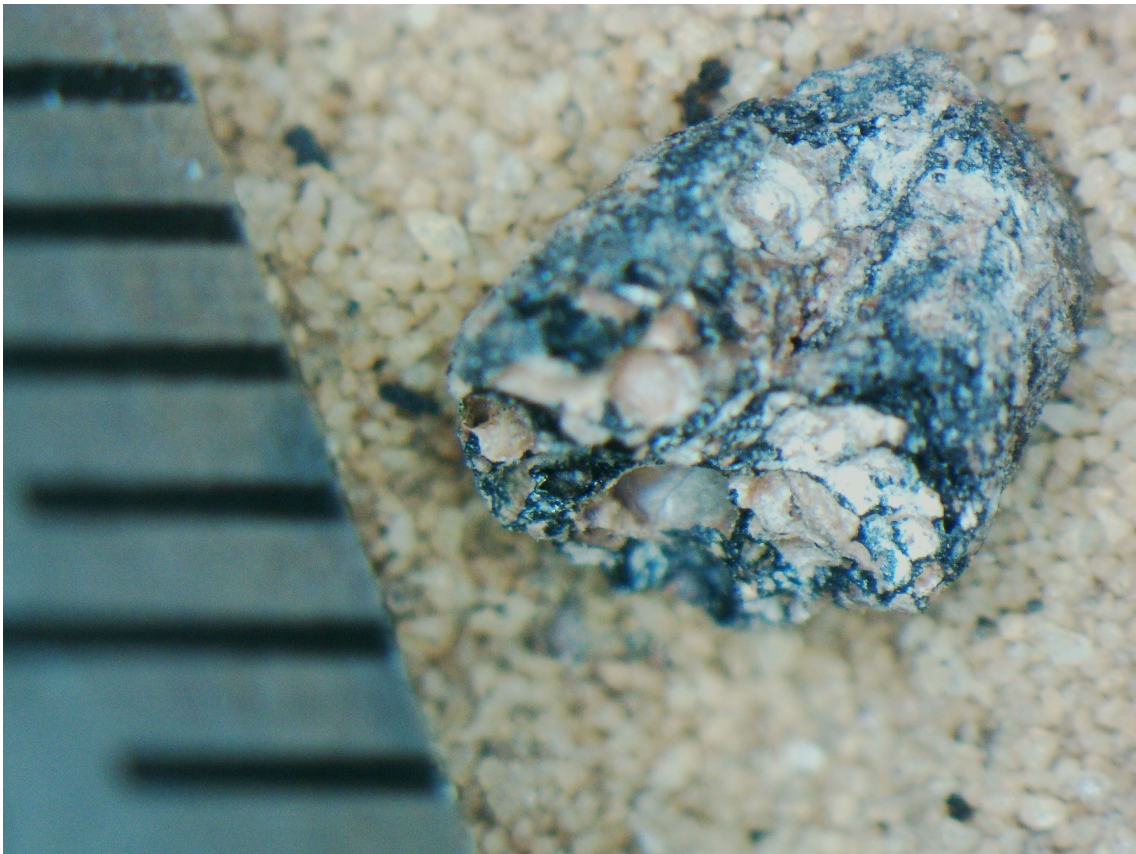


Fig. 18 – Photographie du fragment de « grain de céréale » (tube n°4). L'échelle représente des millimètres.

4.7. Prélèvement n°38

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Acer sp	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1
2	Acer sp	Intermédiaire	Fendu-luisant	Absence	Absence	Absence	1
3	brindille	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1
4	brindille	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1
5	graine		Mat	Absence	Absence	Absence	2 (à choisir)

Fig. 19 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°38

● Description

L'observation globale a pas permis d'observer un fragment de graine ou de coquille (?)

Tube 1 : érable de petit calibre, extraction d'un fragment de la partie extérieure. Pas particulièrement favorable car l'écorce n'est pas visible. Longévité d'un siècle.

Tube 2 : érable, fendu luisant. longévité d'un siècle. moyennement favorable

Tube 3 : petite brindille de section entière, écorce indistincte mais probable. Assez favorable.

Tube 4 : petite brindille de section entière, écorce indistincte mais probable. Assez favorable.

Tube 5 : base de graine, (peut-être de type Fabacée? à confirmer). Très favorable

Charbons à sélectionner pour datation : Fragment de graine du tube n°5 .

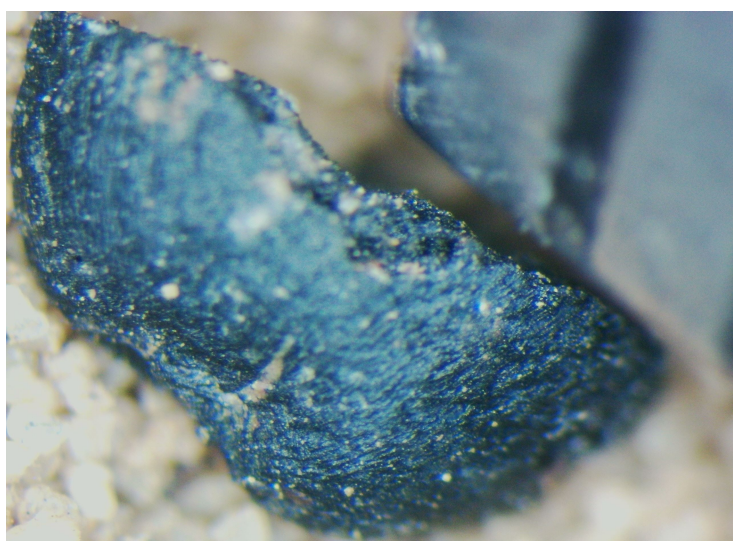


Fig. 20 – Photographie du fragment de « graine » (tube n°5). L'échelle représente des millimètres.

4.8. Prélèvement n°46

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
2	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
3	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
4	Quercus sp.	faible	Mat	Absence	Absence	Absence	0
5	Corylus avellana	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1
6	Corylus avellana	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1
7	Corylus avellana	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1
8	Alnus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1
9	Fragment de noisette		Mat	Absence	Absence	Absence	2 (à choisir)
10	Corylus avellana	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1

Fig. 21 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°46

● Description

L'observation globale a permis d'identifier un probable fragment de noisette, très favorable.

Tube 1 : fragment de chêne de courbure de cerne intermédiaire, avec pores de vaisseaux sans thylles. Probable fragment d'aubier.

Tube 2 : fragment de chêne de courbure de cerne intermédiaire, avec nombreux pores de vaisseaux sans thylles. Probable fragment d'aubier. A choisir par rapport au tube n° 1 car nombreux pores...

Tube 3 : fragment de chêne de courbure de cerne intermédiaire, rythme de croissance particulier avec nombreux pores de vaisseaux sans thylles. Probable fragment d'aubier.

Tube 4 : fragment de chêne de courbure de cerne faible, rythme de croissance régulier avec nombreux pores de vaisseaux sans thylles. Probable fragment d'aubier. Proviendrait plutôt d'une partie extérieure car le charbon montre une courbure faible. Assez intéressant pour une datation.

Tube 5 : fragment de noisetier ; longévité moindre que le chêne.

Tube 6 : fragment de noisetier de forte courbure de cerne. faible longévité donc intéressant.

Tube 7 : fragment de noisetier de forte courbure de cerne. Galerie xylophage. Faible longévité de l'essence donc intéressant.

Tube 8 : fragment d'aulne de forte courbure de cerne. Longévité de l'ordre de 60 à 100 ans.

Tube 9 : fragment de coquille de noisette, très favorable.

Tube 10 : brindille de noisetier; favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : De préférence le fragment de coquille de noisette du tube n°9.

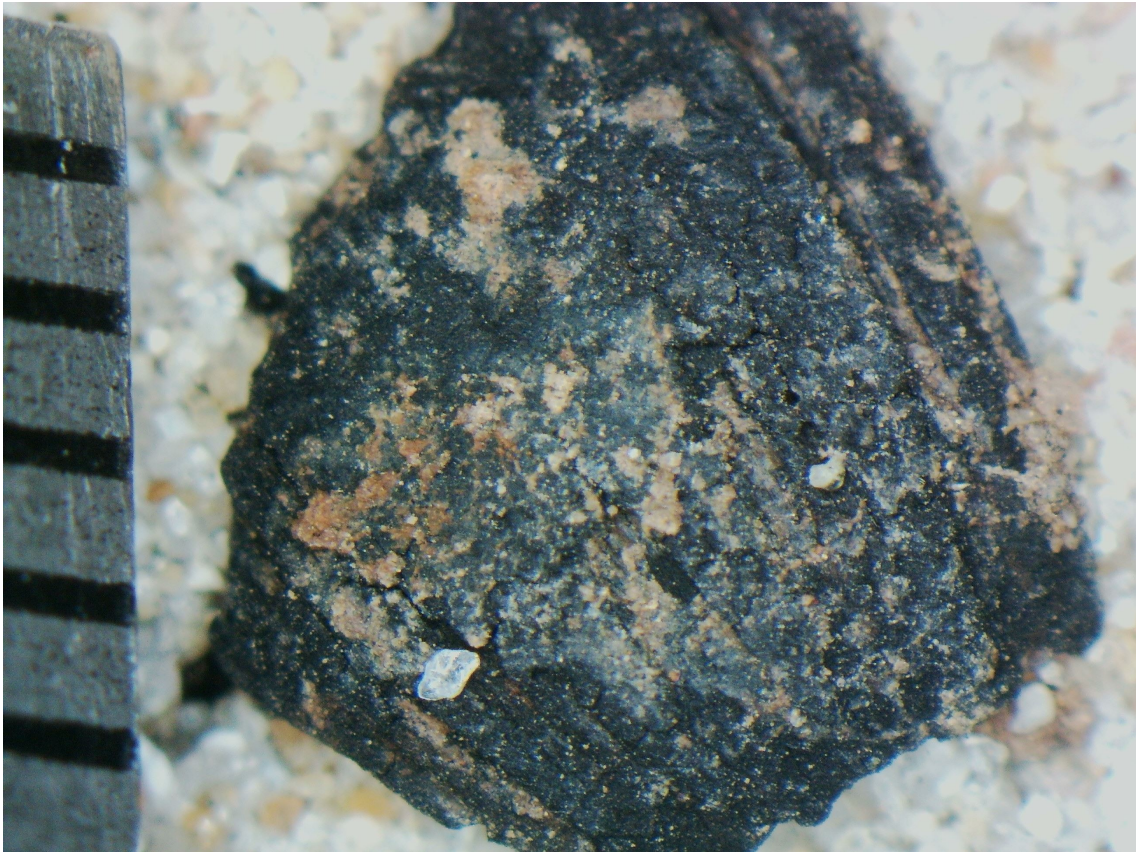


Fig. 22 – Photographie du probable fragment de noisette (tube n°9). L'échelle représente des millimètres.

4.9. Prélèvement n°49

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Pomoïdée	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
2	Pomoïdée	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0
3	Acer sp	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1
4	Pomoïdée	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0
5	pépin de raisin		Mat	Absence	Absence	Absence	2 (à choisir)

Fig. 23 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°49

● Description

L'observation globale a permis d'identifier un probable pépin de raisin, très favorable.

Tube 1 : Pomoïdée, de courbure de cerne intermédiaire. Longévité hétérogène.

Tube 2 : Pomoïdée, de courbure forte mais l'écorce n'est pas visible. Longévité hétérogène.

Tube 3 : fragment d'érable de forte courbure; plutôt favorable, longévité de l'ordre de 100 - 150 ans maximum. Plus favorable que les Pomoïdées.

Tube 4 : Pomoïdée, de courbure forte. longévité hétérogène ... plutôt favorable (davantage que tube 1 et, car semble être une brindille, écorce semble perceptible).

Tube 5 : pépin de raisin très favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : De préférence le fragment de pépin du tube n°5.

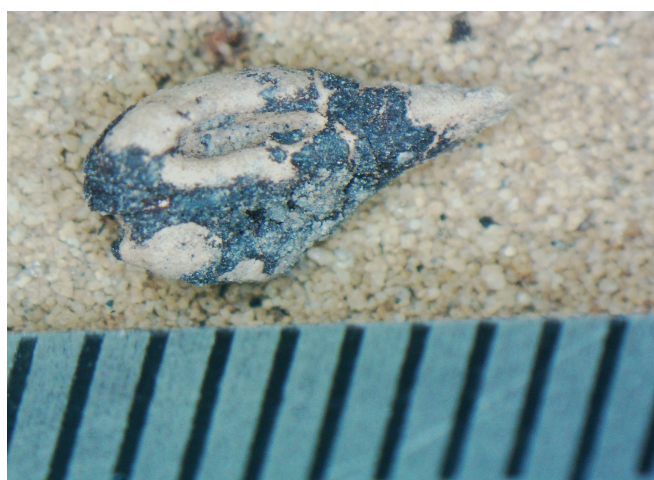


Fig. 24 – Photographie d' un probable fragment de pépin de raisin (tube n°5). L'échelle représente des millimètres.

4.10. Prélèvement n°43

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Frag. Os?	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
2	Pomoïdée	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	0
3	Pomoïdée	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	à choisir?

Fig. 25 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°43

- **Description**

L'observation globale n'a pas permis d'observer de brindilles ni de graines. Un seul fragment probable d'os a été identifié avec quelques fragments de Pomoïdées plus ou moins favorables.

Tube 1 : probable fragment d'os? dent. Pourrait être intéressant en vue d'une datation

Tube 2 : Pomoïdée de forte courbure de cerne, longévité hétérogène.

Tube 3 : Pomoïdée de courbure intermédiaire. Pas particulièrement favorables mais un peu plus que le fragment de Pomoïdée, car situé un peu plus à l'extérieur (courbure intermédiaire).

Charbons à sélectionner pour datation : De préférence le fragment du tube n°3 si besoin.

4.11. Prélèvement n°44

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Frag. Grain		Mat	Absence	Absence	Absence	2 (à choisir)
2	Frag. Grain		Mat	Absence	Absence	Absence	2
3	Pomoidée	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1

Fig. 26 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°44

- **Description**

L'observation globale a permis d'observer de probables graines (lentille, pois?).

Tube 1 : grain ? lentille, pois? à identifier par un carpologue. très favorable, à choisir plutôt que t2 et t3

Tube 2 : grain ? lentille, pois? à identifier par un carpologue. très favorable

Tube 3 : Fragment de Pomoidée de forte courbure de cerne, écorce probable. Favorable, peut être un peu moins que les fragments des tubes 1 et 2.

Charbons à sélectionner pour datation : De préférence le fragment du tube n°1 si besoin.

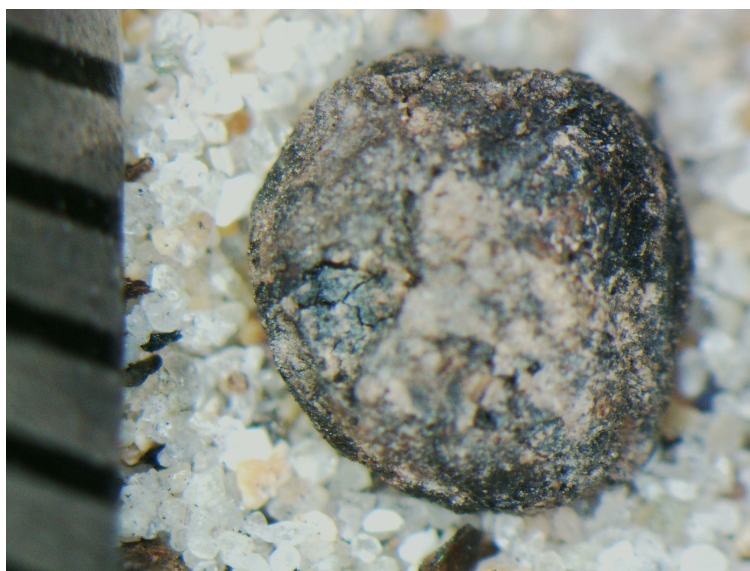


Fig. 27 – Photographie du probable fragment de graine, de lentille, pois (?) (tube n°1). L'échelle représente des millimètres.

4.12. Prélèvement n°45

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	0
2	Vitits ou racine?	Intermédiaire	non brûlé	Absence	Absence	Absence	0
3	Acer sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1
4	Pomoidée	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1

Fig. 28 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°45

● Description

L'observation globale n'a pas permis d'observer de brindilles ni de graines. Quelques fragments plus ou moins favorables ont été sélectionnés.

Tube 1 (8) : Fragment de chêne de courbure intermédiaire pas ou très rares thylles. Probablement aubier.

Tube 2 : probable fragment de vigne ou de racine??, mais non carbonisé. Probablement récent? RQ. La vue transversale n'est pas très significative, mais la vue du plan radial montrait des vaisseaux avec des parois ornées d'épaississements spiralés nets et perforations scalariformes.

Tube 3 : fragment d'érable de courbure intermédiaire. Longévité d'un siècle maximum. Intéressant à choisir vis à vis du tube 1.

Tube 4 : fragment de Pomoidée de courbure intermédiaire à faible. Donc plutôt sur la partie extérieure d'une branche, mais longévité hétérogène.

Charbons à sélectionner pour datation : De préférence le fragment du tube n°3 si besoin.

5. BIBLIOGRAPHIE

BLAIZOT F., FABRE L., WATTEZ J., VITAL J., COMBES P., 2004 - *Un système énigmatique de combustion au Bronze moyen sur le plateau d'Espalem (canton de Blesle, Haute-Loire)* In: Bulletin de la Société préhistorique française. tome 101, N. 2. pp. 325-344.

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.