

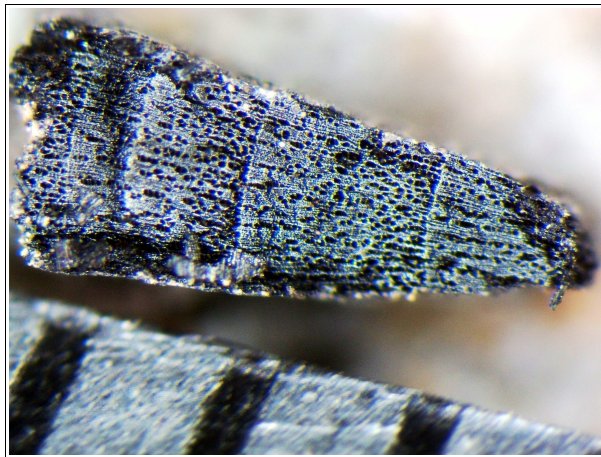


# ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES  
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES DE PRÉLÈVEMENTS  
RÉALISÉS LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE DU  
SITE DE LA « RUE BILDCHEN », SUR LA COMMUNE DE  
ROLLINGEN (LUXEMBOURG).**

**OPÉRATION : 2020 – 064**



**INRA**  
**SERVICE D'ARCHÉOLOGIE PROTOHISTORIQUE**

**Février 2026**

**Institut National de Recherches Archéologiques**

**Service d'archéologie protohistorique**

---

**Analyses anthracologiques de prélèvements réalisés lors de l'opération archéologique  
du site de la « Rue Bildchen », sur la commune de Rollingen (Luxembourg).**

**Niveau de comblement de la fosse B4084.**

**Opération : 2020 – 064.**

---

**Rapport d'étude anthracologique**

---

**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](mailto:loic.gaudin@arkeomap.com)

Site web : [arkeomap.com](http://arkeomap.com)

---

Illustration de la page de couverture :

*Fragment de bouleau (Betula sp.), vue en coupe transversale d'un fragment de forte  
courbure de cerne. grossissement x43 (l'échelle représente des millimètres).*

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....</b>	<b>5</b>
<b>2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION .....</b>	<b>7</b>
2.1. Équipement d'observation.....	7
2.2. Méthodologie.....	8
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux .....	14
2.4. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	16
<b>3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....</b>	<b>19</b>
3.1. Couche charbonneuse du comblement de la fosse B4084 .....	19
a. Résultats .....	19
b. Interprétations .....	21
<b>4. BILAN.....</b>	<b>24</b>
4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental.....	24
4.2. Informations d'ordre ethnographique.....	25
<b>5. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>26</b>
<b>6. ANNEXE – Photographies.....</b>	<b>28</b>

## INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors d'une opération archéologique préventive menée sur le site « de la rue Bildchen » sur la commune de Rollingen (Luxembourg).

Les charbons proviennent du comblement d'une fosse (B4084) où des niveaux charbonneux ont été observés.

L'analyse a été menée en fonction de trois objectifs :

- Tenter de percevoir l'origine des charbons. Dans le cadre de la fouille de la fosse il s'agit probablement de restes de combustibles en position de rejet, mais l'hypothèse reste à confirmer, car il pourrait aussi s'agir de restes de bois d'œuvre carbonisés.
- S'il s'agit de restes de combustibles, tenter de caractériser la qualité du bois utilisé. En déduire si les assemblages ont fait l'objet de sélections (ex. essences ou calibres particuliers) ou de ramassages de « tout venant » et sont-ils plutôt caractéristiques d'usages domestiques ou artisanaux ?
- Caractériser les boisements qui existaient dans l'aire de ramassage.

Cette étude a été commanditée par l'Institut National de Recherches Archéologiques. La fouille ci-présente a été dirigée et par M. Hadzhipetkov.

# 1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les prélèvements charbonneux ont fait l'objet de tamisages effectués au sein du service archéologique (mailles de 2 mm).

Au total ce sont un peu plus de 100 fragments qui ont été étudiés (Fig 1).

<b>INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE</b>			
<b>Commune :</b>	Rollingen (Luxembourg)		
<b>Nom de l'opération / Lieu-Dit :</b>	Rue Bildchen		
<b>Année :</b>	2023		
<b>N° OA :</b>	2020 - 064		
<b>Resp. d'Op. ; commanditaire</b>	Iliya Hadzhipetkov		
<b>Type d'opération :</b>			
<b>Période d'analyse pressentie</b>	février 2026		
<b>Structure – US</b>	<b>N° Identifiant des prélèvements</b>	<b>Description (maille de tamis)</b>	<b>Nombre de charbons observés</b>
Niveau de comblement de fosse (B4084)	3165	(maille 2mm)	13
	3166	(maille 2mm)	10
	3167	(maille 2mm)	12
	3168	(maille 2mm)	12
	3169	(maille 2mm)	10
	3170	(maille 2mm)	7
	3173	(maille 2mm)	10
	3174	(maille 2mm)	11
	3175	(maille 2mm)	14
	3176	(maille 2mm)	10
			<b>109</b>

Fig. 1 – Tableau de description synthétique des prélèvements du site, description des structures de provenance et comptages.

Afin d'avoir une idée de la représentativité de la diversité taxonomique à l'intérieur des échantillons étudiés, il est courant de calculer des courbes « effort-rendement » (Chabal, 1997 et Chabal *et al.*, 1999). Le principe de cette courbe repose sur la mise en perspective du rang des identifications des taxons afin de déterminer des seuils, ou effectifs, au delà desquels l'apport de nouvelles essences ne paraît plus « rentable ».

Pour l'ensemble des prélèvements, huit à neuf taxons ont été identifiés (les taxons chêne-châtiagnier et chêne ont été rassemblés en un seul). La courbe « effort-rendement » réalisée sur la base des dix prélèvements montre un seuil situé entre 20 et 40 fragments (Fig. 2).

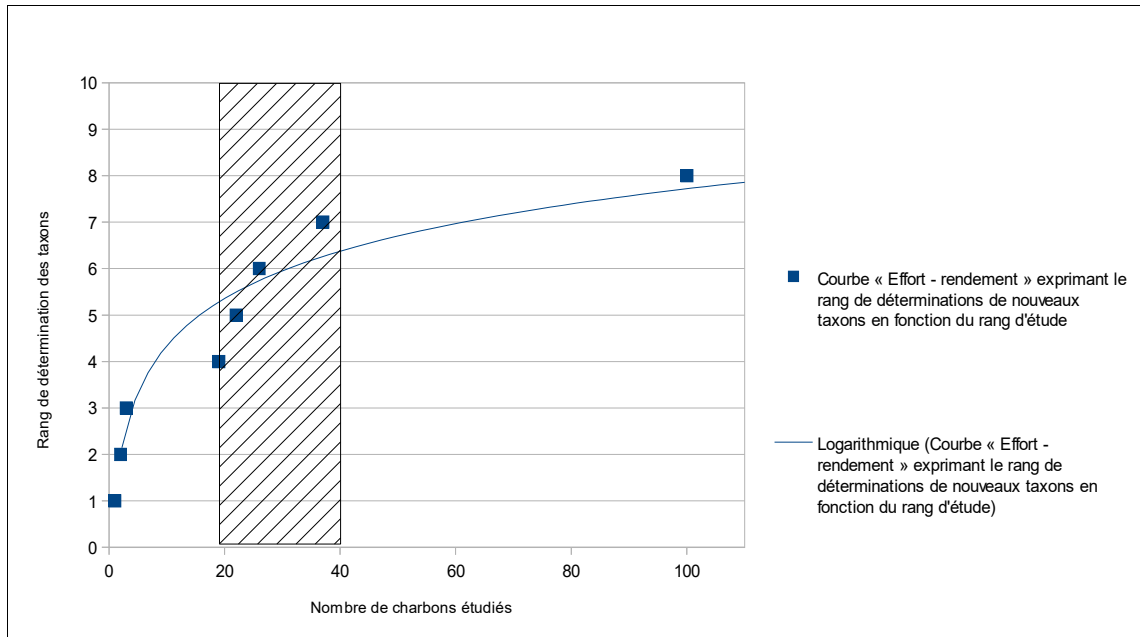


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour l'ensemble des 10 prélèvements. Dans cet exemple, le huitième taxon identifié (*Tilia sp.*) a été observé au 100e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 20 et 40 charbons.

L'indicateur calculé à partir de la courbe « effort-rendement » est basé sur la diversité taxonomique. Or, en plus des identifications nous avons aussi procédé à des observations permettant de préciser la nature des ensembles anthracologiques : estimations des calibres, types de combustion, traces de découpes, de xylophages, etc... Les courbes « effort-rendement » étant basées sur la diversité taxonomique, nous n'avons donc pas jugé judicieux de nous baser exclusivement sur les seuils obtenus pour établir l'effectif d'échantillonnage représentatif.

En concertation avec l'archéologue et en fonction de l'enveloppe allouée pour cette étude, nous avons choisi d'étudier les prélèvements de façon la plus exhaustive possible, en poussant l'observation à environ 10 charbons par prélèvement pour l'ensemble charbonneux.

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

## 2.2. Méthodologie

Chaque ligneux produit un bois particulier, spécifique et héréditaire, présentant une organisation particulière de ses tissus. La structure du bois s'étudie dans les trois plans anatomiques :

- plan transversal,
- plan longitudinal radial,
- plan longitudinal tangentiel.

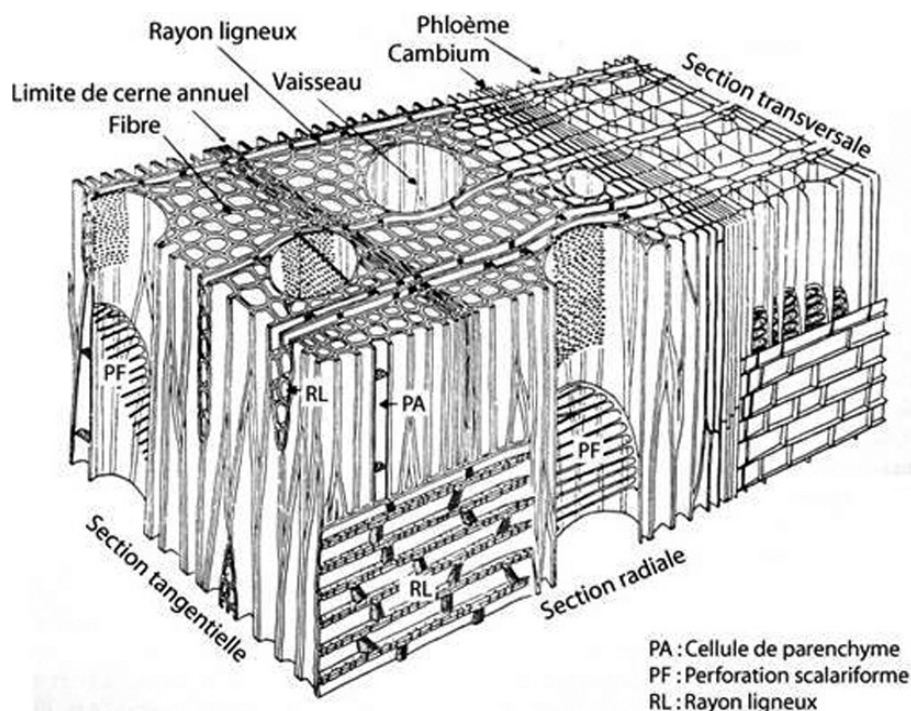


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

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

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

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

- **le rythme de croissance**

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

- **la présence de thylles**

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

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

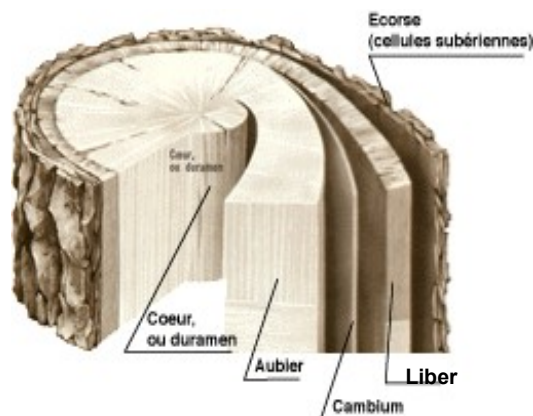
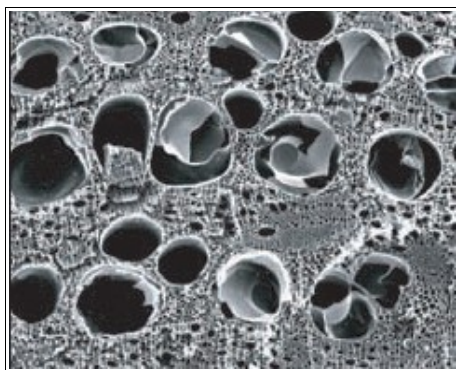
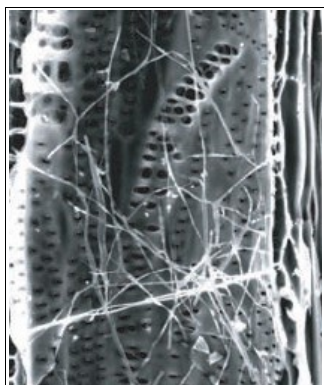


Fig. 5 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à 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.

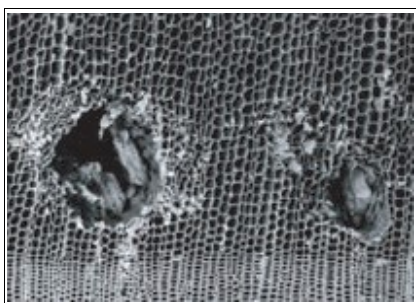
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

**- la présence ou l'absence d'écorce et/ou de moelle.**

Sur les charbons portant à la fois de l'écorce et de la moelle il est possible de mesurer un rayon complet et donc d'estimer précisément le calibre de la tige dont il provient.

**- le bois de réaction** propre aux branches car résultant de l'action de la pesanteur sur ces éléments non perpendiculaires au sol.

**- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.**



La présence de tels tunnels est plutôt un indicateur de bois morts, mais il existe parfois des bois vivants dont l'aubier peut être logiquement attaqué (Marguerie et al., 2010).

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

- **la largeur moyenne des cernes** figurés sur le charbon pour apprécier les caractères biotopiques, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques).

- **la présence de fentes radiales de retrait et vitrification.**



La présence ou l'absence de fentes radiales de retrait est un indice pour savoir si le bois fut brûlé vert ou sec.

Selon Marguerie *et al.* (2010), la fréquence des fentes radiales de retrait dépend de l'anatomie du bois (densité et largeur des rayons), de la partie de la tige (duramen ou aubier), du taux d'humidité du bois (fentes liées à l'évacuation de l'eau liée) et de la température de carbonisation (Théry-Parisot, 2001). Selon Prior et Alvin (1986), la carbonisation du bois saturé d'eau favorise une augmentation substantielle du nombre de fentes de retrait.

Fig. 8 – Exemple de fentes de retrait (Marguerie *et al.*, 2010).

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des petites pièces de bois (Oilic, 2011). Selon Marguerie *et al.* (2010), elle est la conséquence de conditions spécifiques de combustion ou de taphonomie, voire d'un état particulier du bois avant le passage au feu. Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation des tissus, une apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 1982). Prior et Alvin y voient la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior et Alvin, 1986), néanmoins ce seul critère serait remis en cause par McParland *et al.*, (2010). De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaérobies" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer ce phénomène de vitrification selon Blaizot *et al.* (2004). Des études un peu plus récentes d'A. Henry (*in* Excoffon., 2010), citées aussi par C. Cenzon-Salvayre (2014), tendent à montrer que l'effet de températures particulièrement élevées ne constituent pas un facteur déterminant dans l'apparition du phénomène de vitrification. Celui-ci semble en revanche étroitement lié à la durée de la combustion, tandis que la présence d'un milieu réducteur apparaît comme une condition indispensable. En 2010, A. Henry observe en effet une grande quantité de charbons vitrifiés dans une structure de crémation et émet l'hypothèse que ces charbons correspondent à des résidus qui ont « continué à cuire » sous la masse cendreuse du bûcher. 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 des types de structures tels que 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, durée, degré d'oxygénation).

En 2011, J.-C. Oilic réutilisa une classification du « degré de vitrification » de D. Marguerie et J.-Y. Hunot (2007).

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

1. Aspect mat : Cet aspect correspond au degré 0 de la vitrification. Les charbons ont tous un aspect mat, gris ou noir.

2. Aspect luisant : les charbons ont un aspect gris foncé à clair très brillant.

3. Aspect fondu : Cette catégorie regroupe l'ensemble des charbons qui présentent des plages extrêmement brillantes, où les structures anatomiques du bois ont complètement disparues.

4. Aspect scoriacé : cet aspect correspond au dernier degré de vitrification. Les charbons de bois ont perdu la quasi-totalité de leurs structures anatomiques. Il ne persiste généralement qu'une sorte de magma informe solidifié, donnant parfois l'aspect d'être entré en ébullition. Ponctuellement, les reliefs de parois cellulaires peuvent être observés, seuls témoins de l'origine végétale de l'échantillon et qui permettent de le distinguer d'une scorie en contexte sidérurgique.

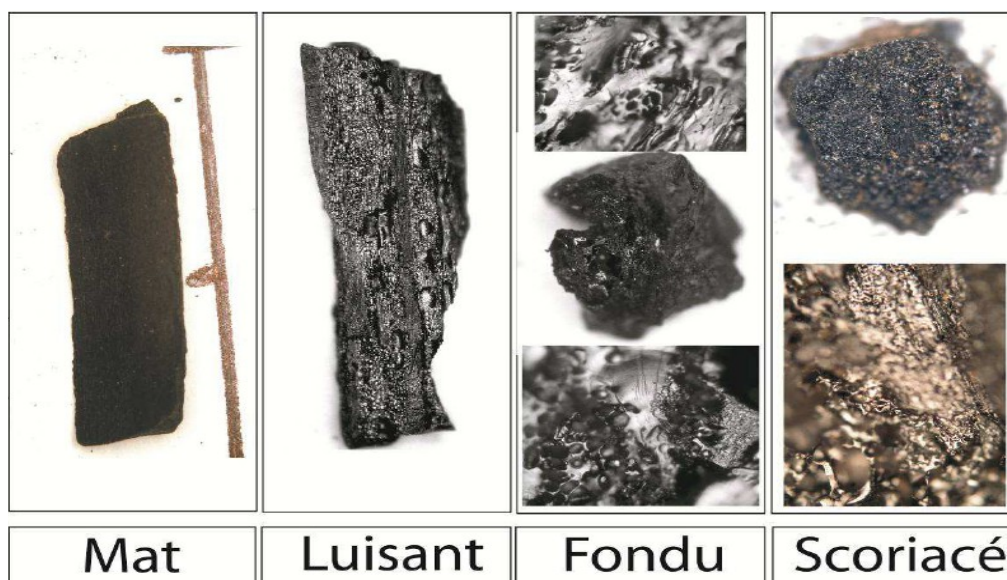
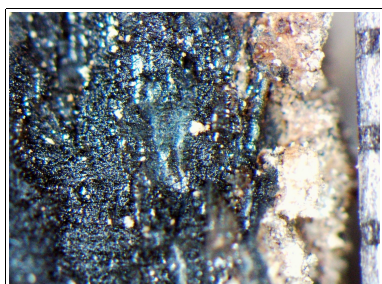


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

J.-C. Oilic expérimenta différents types de combustions afin d'associer les aspects des charbons (pourcentages) à des pratiques de charbonnage, de grillage et à l'utilisation de bas-fourneaux, de haut-fourneaux.



Remarque : l'aspect de certains charbons n'a pu être qualifié par cette classification. Quelques charbons avaient en effet un aspect « granuleux », avec des structures anatomiques indéterminées. Cet aspect se différencie de l'aspect « scoriacé » par le fait qu'il ne semble pas se produire de phénomène de « fusion » des parois cellulaires. Un cinquième aspect « granuleux » (Fig. 10) a donc parfois été utilisé.

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

- **la saison d'abattage** est repérable lorsque le dernier cerne est identifié. Un examen détaillé de ce dernier cerne rend parfois possible la détection du bois initial (bois de printemps) du bois final (ou bois d'été). Par exemple, l'arrêt brutal de la croissance du bois de printemps permet de situer l'abattage au printemps.

- **le travail du bois** (traces d'abattage, d'élagage, de façonnage ...).

En dehors des strictes informations environnementales, l'anthraco-analyse a des retombées d'ordre ethnographique. L'identification des restes ligneux renseigne sur le choix et la sélection des essences destinées au bois d'œuvre (charpentes, planchers, huisseries...), à l'artisanat des objets domestiques (emmanchements, récipients, meubles...) et aux structures de combustion. De plus, grâce aux observations dendrologiques, des données peuvent être collectées sur les techniques de travail et de débitage du bois, sur l'âge et les périodes d'abattage des arbres, sur les traditions vernaculaires...

## 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.

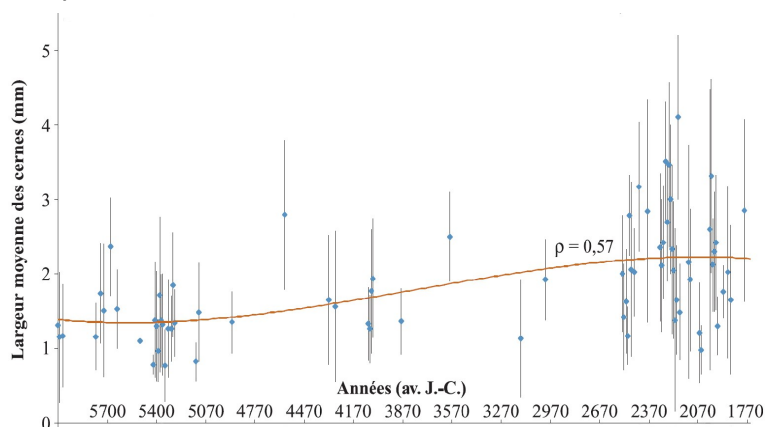


Fig. 11 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie *et al.*, 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 11). 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

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

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 12). 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.

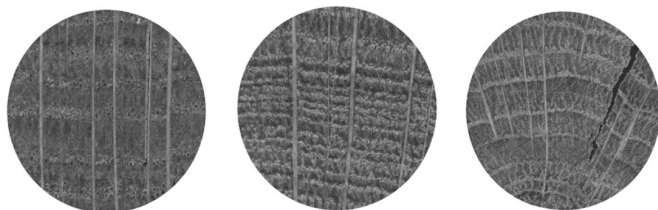


Fig. 12 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

L'étude a permis de déterminer huit à dix taxons anthracologiques. La composition taxonomique des ensembles étudiés doit être interprétée en tenant compte de choix particuliers de combustibles. En effet, la diversité des essences qui est parfois constatée n'est pas forcément le reflet d'une formation végétale ligneuse naturelle environnant le site. En l'absence de véritable association taxonomique, il n'est alors pas possible d'avancer d'interprétation d'ordre paléo-écologique solide.

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

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

La longévité de la plupart des espèces de chêne est supérieure à 500 ans. Elle peut atteindre 1000 ans chez certaines espèces (Rameau *et al.*, 1989).

**Le châtaignier** (*Castanea sp.*) aurait une distribution naturelle en Corse, sur le pourtour méditerranéen et sans doute dans quelques points des Cévennes 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 calcaires : 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. Le châtaignier éclatant à la combustion brûle assez rapidement et génère généralement très peu de charbons, ce qui pourrait expliquer sa faible représentation dans les études anthracologiques.

Remarque sur la détection du châtaignier :

La présence du châtaignier (*Castanea sp.*) sur ce site reste très 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.*).

**Le hêtre** (*Fagus sp.*) est une espèce de forêt caducifoliée (chênaie – hêtraie) de large amplitude. Il appartient le plus souvent à des forêts fraîches et mûres. C'est une essence d'ombre en climat sec et de lumière en climat humide. Il offre un bois homogène sans duramen distinct se travaillant assez facilement. C'est un bois dur à fine écorce. Son utilisation est très variée : objets ménagers, manches d'outils, mobilier. Il peut aussi être utilisé dans la construction, mais plutôt pour les menuiseries intérieures car il est sensible à l'humidité. Il n'est pas adapté pour la structure d'une charpente, mais davantage pour l'ébénisterie, parquets, lambris, escaliers et pièces nécessitant un cintrage. Il constitue un excellent bois de chauffage et fournit un charbon très estimé. Toutefois, il peut être difficile à allumer, l'utilisation de petit bois provenant d'un arbre léger peut aider à l'allumage.

Le hêtre est décrit dans l'atlas du bois de Schweingruber (2011), comme un bois « peu abondant à relativement fréquent dans le matériel des couches archéologiques protohistoriques, en particulier sous la forme de copeaux. Rarement employé comme pieux, relativement fréquent dans les pièces coudées constituées par la ramification d'une branche avec le tronc ».

**L'érable** (*Acer sp.*) et plus particulièrement l'érable champêtre dans l'aire considérée, 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. L'érable fait partie des bois « semi-lourds » (environ 500 Kg / m<sup>3</sup>), c'est donc un bois qui possède un bon pouvoir calorifique.

**Le tilleul** (*Tilia sp.*) est une essence de demi-ombre que l'on retrouve plutôt sur les sols riches en bases : sols de pH neutre à acide. Espèce mésophile, elle peut s'associer à la chênaie-hêtraie mais aussi aux boisements hygrophiles avec l'aulne, le saule ou le peuplier par exemple. Il constitue un combustible plutôt médiocre mais à forte chaleur rayonnante.

**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 bois de *Prunus* et de *Pomoïdées* sont des bois denses et considérés comme de très bons combustibles, souvent employés sous la forme de bois de petit calibre (ex. type fagot), et privilégié pour générer des combustions vives telles que lors de phases d'allumages.

Les bois de *Prunus* est considéré comme un très bon combustible, souvent employé sous la forme de bois de petit calibre (ex. type fagot), et privilégié pour générer des combustions vives telles que lors de phases d'allumages.

Ce sont des bois denses, lourds constituant ainsi de bons combustibles car ils maintiennent des combustions dans la durée.

Malgré leurs duretés ce sont des bois qui se travaillent bien. Leurs grains d'une grande finesse et d'un poli exceptionnel, oriente les produits de qualité vers la lutherie, le tranchage pour des placages haut de gamme, la marqueterie, la tournerie, la sculpture et la gravure.

Le **noisetier** (*Corylus avellana*) et le **bouleau** (*Betula sp.*) sont des essences héliophiles ou de demi-ombre. Elles se rencontrent aussi bien dans les **lisières de forêts caducifoliées**, dans des bois clairs, dans des **landes** ou **friches**. Ces espèces s'adaptent à tous les substrats, tant d'un point de vue hydrique qu'en termes de pH. Aussi, on les trouve potentiellement dans la plupart des écosystèmes, même s'ils restent avant tout des arbres pionniers par excellence. Le noisetier et le bouleau constituent de bons bois d'allumage surtout sous la forme de brindilles (flamme longue, claire, sans fumée), ils dégagent beaucoup de chaleur et une combustion rapide.

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.

On peut le retrouver associé au noisetier (*Corylus avellana*) ou au bouleau (*Betula sp.*) qui sont des essences qui peuvent aussi s'adapter à des sols humides.

Remarque : Pour les très petits fragments il n'est pas toujours possible de distinguer l'aulne du noisetier, d'où le taxon anthracologique « aulne - noisetier » (*Alnus sp. / Corylus sp.*) utilisé pour désigner certains prélèvements. Notons qu'aucun fragment n'a pu être clairement attribué au noisetier. La présence du noisetier n'est donc pas certaine.

### 3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les différents échantillons anthracologiques correspondent à dix prélèvements réalisés au sein du même comblement de la fosse B4084. Les prélèvements ont été réalisés en masse et ont ensuite fait l'objet de tamisage selon des mailles de 0,5 et 2 mm.

Compte tenu des très petites tailles des charbons nous nous sommes focalisés sur les refus de tamis constitués de fragments supérieurs à 2 mm.

#### 3.1. Couche charbonneuse du comblement de la fosse B4084

##### a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Courbure				Rythme			Combustion				Fendu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux	Thylle	
		Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoïacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud				
PRL 3165	Acer sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Betula sp.	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOMME du Prélèvement		13	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
PRL 3166	Acer sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Alnus/Corylus	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Betula sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Prunus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
SOMME du Prélèvement		10	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0
PRL 3167	Frag. écorce	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Pomoidée	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Quercus sp.	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SOMME du Prélèvement		12	0	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0
PRL 3168	Acer sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Alnus/Corylus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	5	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	ag. de brindille indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. Graine ?	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
SOMME du Prélèvement		12	1	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
PRL 3169	Alnus sp.	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Pomoidée	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Prunus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOMME du Prélèvement		10	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
PRL 3170	Alnus sp.	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. écorce	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
SOMME du Prélèvement		7	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
PRL 3173	Alnus sp.	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	6	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	Pomoidée	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOMME du Prélèvement		10	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
PRL 3174	Alnus sp.	7	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
SOMME du Prélèvement		11	0	1	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1
PRL 3175	Alnus/Corylus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Betula sp.	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	8	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Quercus sp.	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SOMME du Prélèvement		14	0	4	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1
PRL 3176	Alnus sp.	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Betula sp.	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tilia sp.	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOMME du Prélèvement		10	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>SOMME de l'ensemble</b>		<b>109</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>0</b>

Fig. 13 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les dix prélèvements issus du comblement de la fosse B4084.

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informé solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux	Thylle
Acer sp.	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alnus/Corylus	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alnus sp.	20	0	1	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bétula sp.	8	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	23	1	9	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
ag. de brindille indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. écorce	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Frag. Graine ?	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	0
Pomoidée	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	11	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	2
Quercus sp.	11	0	6	1	5	0	0	2	1	0	0	0	0	2
Tilia sp.	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SOMME</b>	<b>109</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>4</b>

Fig. 14 – Tableau synthétique des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les dix prélèvements issus du comblement de la fosse B4084.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	5	9	0,83	0,24	0,5	1

Fig. 15 – Tableau des résultats des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire.

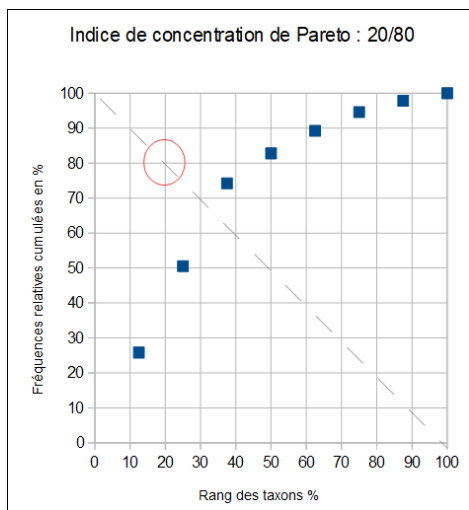


Fig. 16 – Indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des charbons provenant du comblement de la structure B4084. Le calcul a été effectué sur les effectifs de huit taxons anthracologiques observés à l'intérieur des dix prélèvements. Les fragments de chêne et de chêne-châtaigner, ainsi que de noisetier/aune et aune ont été rassemblés. 93 charbons ont été retenus pour le calcul.

## b. Interprétations

Un peu plus de 100 charbons correspondant de huit à dix taxons anthracologiques ont été identifiés. Par ordre d'importance on constate des charbons d'aulne (*Alnus sp.*), de chêne (*Quercus sp.*), de chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*) et de hêtre (*Fagus sylvatica*) dans des proportions sensiblement équivalentes (environ 25% chacun). Dans une moindre mesure, des charbons de bouleau (*Betula sp.*), de Pomoïdées, d'érable (*Acer sp.*), de *Prunus* et de Tilleul (*Tilia sp.*) ont aussi été observés (Fig. 17).

Notons que les hypothèses de la présence du châtaignier et du noisetier sont peu probables. Les taxons anthracologiques « chêne-châtaigner » et « noisetier-aulne » sont surtout liés à la difficulté de distinguer le chêne du châtaignier et le noisetier de l'aulne pour les petits fragments (cf. notes à ce sujet chapitre 2.4. ).

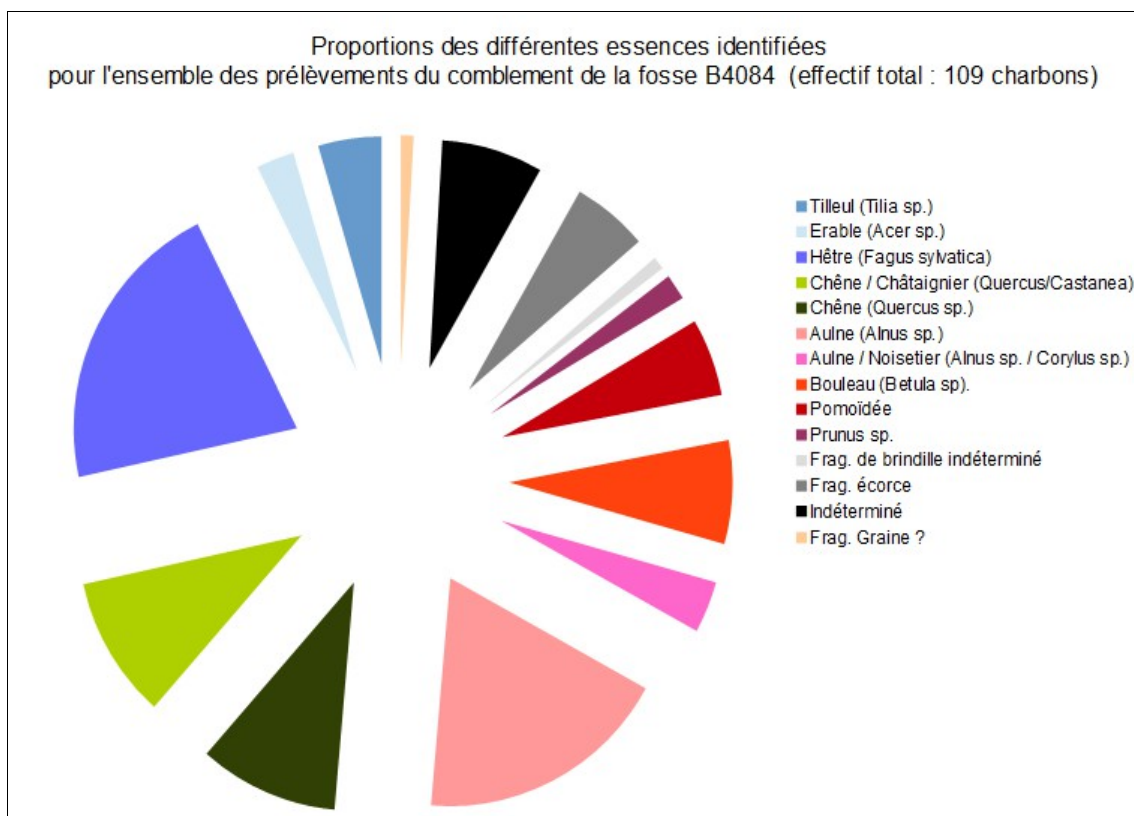


Fig. 17 – Représentation des proportions des différents taxons identifiés pour l'ensemble des prélèvements de la fosse (B4084) sous la forme d'un « camembert éclaté ».

L'observation des courbures de cerne montre principalement des fragments de moyenne courbure (60%). Un seul charbon semblait montrer une faible courbure de cernes (Fig. 14). Ce sont donc principalement des bois de moyen calibre, des branches de quelques centimètres de diamètre, qui ont été utilisés.

Les essences telles que le chêne, le hêtre, l'érable correspondent à des bois durs, générant des braises avec beaucoup d'énergie et dans la durée. Ces bois peuvent être qualifiés d'« excellents » combustibles. En revanche, l'aulne, le bouleau, le tilleul, voire le bois d'aubépine (Pomoïdées), sont des bois plus « tendres », qui s'enflamment rapidement mais durent peu. Le bois de chêne, de hêtre et d'érable ont donc été employés pour véritablement « alimenter » la combustion. Ces bois peuvent être difficiles à enflammer, d'où l'importance des bois de « petite section » et des bois « tendres » notamment d'aulne pour la phase d'allumage.

De façon générale les charbons montrant des fentes de retrait sont en faibles quantités (environ 10%). Ces observations caractérisent un bois brûlé à l'état sec (non vert). Ce constat implique une sélection du bois lors de la collecte, peut-être aussi un stockage préalable à l'emploi.

La proportion de fragments d'aspect luisant est elle aussi assez faible (15%). Les charbons semblent donc provenir de combustions plutôt aérobies (cf. chapitre 2.2. à propos du phénomène de « vitrification »). L'hypothèse de charbons provenant de combustions « ouvertes » (ex. foyer) est donc la plus probable. Les quelques aspects luisants observés sur certains charbons relèvent probablement d'effets localisés, peut-être en « fond de foyer » (Blaizot et al., 2004). Mais de façon générale, la combustion semble avoir été oxygénée, les résidus carbonneux proviennent donc plutôt d'une combustion de type « foyer ouvert ».

Afin de caractériser le type de ramassage, des calculs de l'indice de concentration de Pareto ont été réalisés sur la base des huit taxons anthracologiques clairement identifiés. Notons que les charbons de chêne et de chêne-châtaigner ainsi que d'aulne et d'aulne-noisetier ont été rassemblés dans deux taxons (Fig. 16).

Le principe du calcul de l'indice de concentration de Pareto repose sur le fait que dans les communautés végétales en équilibre, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999).

Or, le graphique montre que la proportion des taxons anthracologiques constatées ne reflètent pas les mêmes proportions que celles observées dans les communautés végétales naturelles.

Cette différence pourrait s'expliquer certes, par un problème de représentativité des effectifs étudiés (une centaine de charbons pris en compte), mais plus probablement par des ramassages sélectifs vers quelques essences notamment le chêne, le hêtre, voire l'aulne. Cette tendance serait caractéristique soit d'activités de type « artisanales », c'est à dire à un système technique nécessitant des choix en combustible bien définis, soit à deux aires de ramassages différentes correspondant à deux écosystèmes différents (ex. chênaie et un boisement hygrophile d'aulne) ne permettant pas de retrouver les proportions de biomasses constatées dans un système écologique à l'équilibre. La proximité des zones alluviales de l'Alzette et du cours d'eau Rollengerbaach ont pu jouer dans la disponibilité et la sur-représentation de l'aulne.

Notons que dans le cas de la seconde proposition d'explication, l'hypothèse de rejets domestiques resterait également plausible...

Enfin, quelques mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur quelques charbons de chêne permettant de calculer une moyenne très faible d'environ 0,80 mm / an (Fig. 15). Cette moyenne est caractéristique de contextes de croissance difficiles, peut-être un environnement contraignant (sols pauvres, humides, mal exposés...) ou un milieu soumis à des compétitions inter- ou intraspécifiques vis-à-vis des ressources naturelles (ex. un boisement dense).

## 4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Un peu plus d'une centaine de fragments ont été observés pour l'ensemble des prélèvements provenant du comblement de la fosse B4084 (Fig. 1).

### 4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental

Huit à dix taxons anthracologiques ont été identifiés dans cette étude.

Il est bien sûr difficile d'interpréter directement les compositions anthracologiques en termes de paléo-paysages, car les proportions de chaque essence sont avant tout liées aux aléas des aires de ramassages mais aussi aux usages du combustible. Dans le cadre de cette étude, des choix techniques en rapport avec la qualité de combustibilité du chêne, du hêtre, de l'érable ou bien des choix orientés vers des bois de petit calibre plus « légers », aulne, tilleul, peut-être Pomoïdées, sont probables.

L'identification des taxons ligneux permet de proposer différentes associations écologiques (Rameau *et al.*, 1989) :

- **le groupement de la chênaie-hêtraie** avec le chêne, (chêne-châtaignier), le hêtre et potentiellement le tilleul, l'érable,
- **les boisements clairs, lisières forestières et haies** : avec la détection de charbons de Pomoïdées, *Prunus*, d'érable, noisetier et de bouleau,
- **les bois frais** (zones alluviales) peuvent être suggérés avec le tilleul, le bouleau et le noisetier,
- **les boisements humides** : avec l'aulne, voire le tilleul, le bouleau et le noisetier.

Remarque : Le noisetier et le bouleau sont des essences pionnières que l'on va retrouver à la fois dans les boisements clairs, en lisières forestières, dans les haies, mais potentiellement aussi dans les espaces en déprise agricole, dans les fourrés arbustifs. Ce sont des essences ubiquistes pouvant aussi s'accommoder de conditions humides.

Les aires de ramassage correspondent potentiellement à des formations ligneuses interprétées par l'écologie des essences identifiées, à savoir : une chênaie-hêtraie et des boisements clairs, des lisières. L'identification de l'aulne indique l'exploration de boisements « humides ».

Les mesures de largeurs de cernes réalisées sur quelques fragments de chêne de faible et moyenne courbure de cerne, ont permis de calculer une moyenne de l'ordre de 0,8 mm / an. Cette valeur correspond à de très faibles croissances annuelles. Cela suggère des ramassages dans des boisements de chêne soumis à des contraintes de croissance, peut-être des boisements denses ou associés à des sols pauvres, humides ou mal exposés.

## 4.2. Informations d'ordre ethnographique

En ce qui concerne la nature des bois brûlés, l'identification de plusieurs essences (huit à dix taxons anthracologiques), le petit calibre de certains fragments et l'absence de galeries de xylophages confirment qu'il s'agit de restes de combustibles et non de bois d'œuvre.

Par ailleurs, la très faible fréquence des fentes de retrait observées sur les charbons indique l'emploi de bois sec (« non vert »), ce qui implique vraisemblablement un stockage préalable du combustible avant son utilisation.

L'assemblage se caractérise par une utilisation majoritaire de bois denses ou « lourds », principalement le chêne et le hêtre, que l'on peut qualifier d'excellents combustibles. Ces deux à trois essences (en incluant l'érable) représentent environ 52 % de l'ensemble du combustible identifié. Leur recours permet une montée en température relativement lente, tout en assurant la production de braises durables. Bien que ces bois soient relativement difficiles à enflammer, l'emploi de bois de petit calibre et surtout de branches appartenant à des essences plus tendres (aulne, bouleau, Pomoïdées, tilleul) a très probablement facilité l'allumage et favorisé l'activation de la combustion.

La proportion relativement faible de charbons à aspect luisant (environ 15 %) suggère des rejets issus de combustions ouvertes, de type foyer ouvert, par opposition à des structures fermées assimilables à des « fours » à combustion étouffée.

En ce qui concerne le calibre des bois, les combustibles employés semblent majoritairement de diamètre moyen, probablement de l'ordre de quelques centimètres, bien que l'utilisation de quelques bois de plus gros calibre soit également très probable. En effet, 60 % des fragments présentent une courbure intermédiaire des cernes, tandis que les charbons à faible courbure sont quasiment absents.

Le nombre relativement élevé d'essences identifiées (huit à dix taxons anthracologiques) est souvent interprété comme le résultat de ramassages de type « tout venant ». Toutefois, l'analyse de l'indice de concentration de Pareto (fig. 16) montre que le rapport d'équilibre théorique 20% des essences correspondant à 80% de la biomasse, tel qu'il est attendu dans un écosystème en équilibre (Chabal *et al.*, 1999), n'est pas atteint. Cette distribution plaide ainsi davantage en faveur d'une sélection intentionnelle des combustibles que d'un ramassage strictement opportuniste. La forte représentation de l'aulne mérite à ce titre d'être soulignée.

L'hypothèse privilégiée pour expliquer cette composition est celle d'une aire de ramassage recoupant plusieurs types d'écosystèmes : d'une part des boisements de type chênaie-hêtraie, et d'autre part des formations forestières fraîches et humides, exploitées sans doute de manière opportuniste. La proximité du site avec des cours d'eau rend en effet les boisements humides, et notamment l'aulne qui est pourtant un combustible plutôt médiocre, facilement accessibles.

Au regard de l'ensemble de ces éléments, il ne paraît pas possible de trancher de manière définitive quant à l'origine fonctionnelle des résidus de combustion. Ceux-ci peuvent aussi bien résulter de pratiques à caractère domestique, généralement associées à des ramassages opportunistes, que de choix techniques plus ciblés, avec l'utilisation de bois durs tels que le chêne et le hêtre, davantage liés à des activités de type « artisanal ».

## 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.

CENZON-SALVAYRE C., 2014 - *Le bûcher funéraire dans l'Antiquité : une approche archéologique, bioarchéologique et historique d'après l'étude des structures de crémation en Gaule méridionale*. Archéologie et Préhistoire. Volume 1. Université du Maine, 2014. 444 p.

CHABAL L., 1992 - La représentativité paléo-écologique des charbons de bois issus du bois de feu. *Bulletin de la Société botanique Française*, 139, Actualités botaniques (2/3/4), p. 213-236.

CHABAL L., 1994 - Apports récents de l'anthracologie à la connaissance des paysages passés : performances et limites. *Histoire et Mesure*, IX-3/4, p. 317-338.

CHABAL L., 1997 - *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive) L'anthracologie, méthode et paléoécologie*. Documents d'Archéologie Française. Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 63, p. 18-61.

CHABAL L., FABRE L., TERRAL J.-F. and THERY-PARISOT I., 1999 - *L'anthracologie*. In BROCHIER J.E., BOURQUIN-MIGNOT C., CHABAL L., CROZAT S., FABRE L., GUIBAL F., MARINVAL P., RICHARD H., TERRAL J.-F., THERY I. (éds.), Errance (Collection "Archéologiques"). La Botanique, Paris, 207 p.

CHALLINOR D., 2011 - The wood charcoal », in TIMBY (Dir.), A slice of Rural Essex Archaeological discoveries from the A120 between Stansted Airport and Braintree. Oxford Wessex Archaeology, Chap. 8, CD-Rom.

EXCOFFON P., 2010 - *Une tombe à incinération du premier âge du fer au quartier du Capitou à Fréjus (Var)*. BAP, 33, p. 19-26.

MARGUERIE D., BERNARD V., BEGIN Y., TERRAL J.-F., 2010 - Dendroanthracologie p. 311-347 in PAYETTE S., FILION L., *La Dendroécologie : Principes, méthodes et applications*. Presses de l'Université Laval, Québec

MARGUERIE D., HUNOT J.-Y. 2007 - *Charcoal analysis and dendrology : data from archaeological sites in north-western France*. Journal of Archaeological Science. p. 1417-1433

MARGUERIE D., 1992a - *Évolution de la végétation sous l'impact humain en Armorique du Néolithique aux périodes historiques*. Travaux du Laboratoire d'Anthropologie Rennes, 40, 262 p.

MARGUERIE D., 1992b - Charbons de bois et paléoenvironnement atlantique. *Dossier A.G.O.R.A. Les bois archéologiques*, n°2, p. 15-20.

MCPARLAND L.C., COLLINSON M.E., SCOTT A.C., CAMPBELL G., VEAL R., 2010 - Is vitrification in charcoal a result of high temperature burning of wood? *Journal of Archaeological Science*, doi: 10.1016/j.jas.

NICOLAS E., BLANCHET A., BRISOTO V., CHEREL A.-F., DAOULAS G., GUITTON V., HENAFF A., HINGUANT S., JOUANET N., LABAUNE-JEAN F., LE FORESTIER S., SEIGNAC K., 2013 - *Châteaulin (29). Penn ar Roz : un site d'activité métallurgique protohistorique et antique*. Rapport de fouille, Cesson Sévigné, Inrap, Grand ouest, 2013, 364 p.

OILIC J.-C., 2011 - *Végétation, peuplement, métallurgie en Brocéliande : étude interdisciplinaire de la forêt de Paimpont (Bretagne, France) depuis le Tardiglaciaire*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 320 p.

PRIOR J., ALVIN K. L., 1986 - *Structural changes on charring woods of Dichrostachys and Salix from southern Africa : The effect of moisture content*. International Association of Wood Anatomists. Bulletin (Special issue), 7, p. 243 - 249.

RAMEAU J.C., MANSION D. et DUME G., 1989 - *Flore forestière française, guide écologique illustré*. T.1, plaines et collines, Institut pour le développement forestier, Paris, 1785 pages.

SCHWEINGRUBER F. H., 1982 - *Microscopic Wood Anatomy*. Flück-Wirth, Teufen.

SCHWEINGRUBER F. H., 2011 - *Anatomie europäischer Hölzer - Anatomy of European Woods*. Verlag Kessel, 800 p.

THERY-PARISOT I., 1998 - *Economie du combustible et Paléoécologie en contexte glaciaire et périglaciaire, Paléolithique moyen et supérieur du sud de la France. Anthracologie, Expérimentation, Taphonomie*. Thèse de doctorat, Université de Paris 1, 500 p.

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

## 6. ANNEXE – Photographies

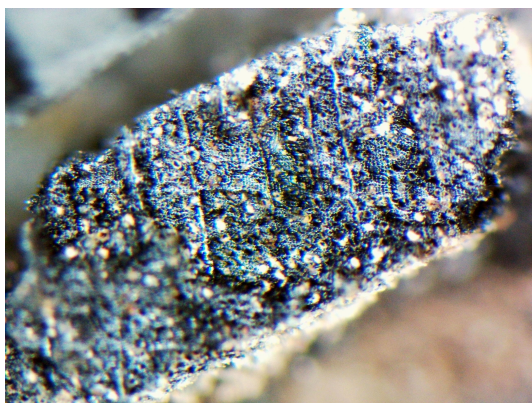


Fig. 18 – Fragment de tilleul (*Tilia sp.*) de courbure de cerne intermédiaire. Coupe transversale. Grossissement x39. Prélèvement n°3176. L'échelle représente des millimètres.

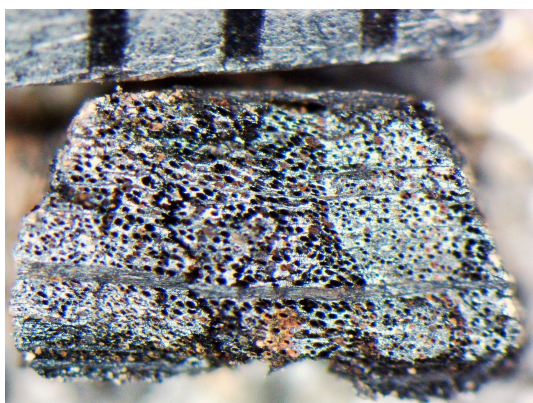


Fig. 19 – Fragment de hêtre (*Fagus sylvatica*) de courbure intermédiaire. Coupe transversale. Grossissement x30. Prélèvement n°3175. L'échelle représente des millimètres.

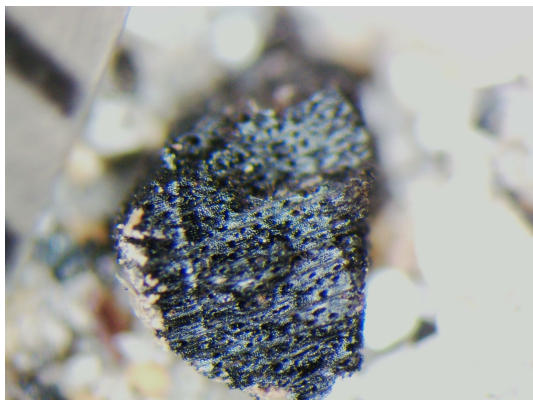


Fig. 20 – Fragment d'érable (*Acer sp.*). Coupe transversale. Grossissement x43. Prélèvement n°3168. L'échelle représente des millimètres.

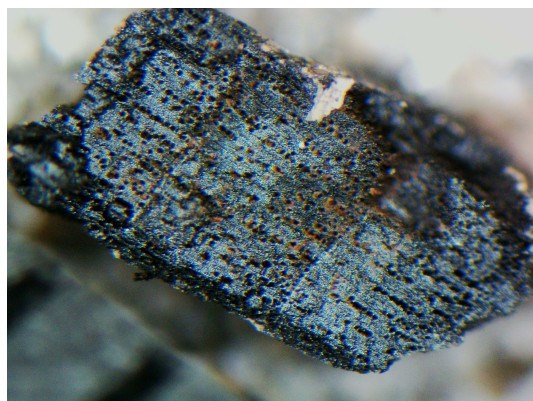


Fig. 21 – Fragment d'aulne (*Alnus sp.*) de forte courbure de cerne. Coupe transversale. Grossissement x40. Prélèvement n°3169. L'échelle représente des millimètres.