

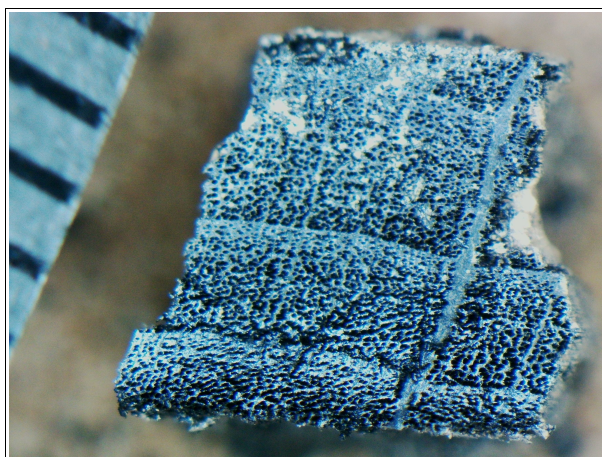


ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES DE PRÉLÈVEMENTS
RÉALISÉS LORS D'UNE OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE
SUR LA COMMUNE DE HEINERSCHIED (LUXEMBOURG).**

COMBLEMENTS DE TOMBES ESTIMÉES DE 0 À 50 AD

OPÉRATION : N° 2025 - 081



INRA
SERVICE D'ARCHÉOLOGIE PROTOHISTORIQUE

Juin 2026

Institut National de Recherches Archéologiques

Service d'archéologie protohistorique

**Analyses anthracologiques de prélèvements réalisés lors d'une
opération archéologique sur la commune de Heinerscheid
(Luxembourg).
Complements de tombes estimées de 0 à 50 AD.**

Opération : n° 2025 - 081

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

chargé de cours à l'Université de Rennes 1

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Illustration de la page de couverture :

*Fragment de hêtre (Fagus sylvatica), vue en coupe transversale, grossissement x17
(l'échelle représente des millimètres). Prélèvement n° 2025-081-017.*

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	8
2.1. Équipement d'observation.....	8
2.2. Méthodologie.....	9
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	15
2.4. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	17
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....	21
3.1. Prélèvements associés à la tombe « ST5 US2 ».....	22
a. Résultats	22
b. Interprétations	23
3.2. Prélèvement associés à la tombe « ST3 US6 ».....	25
a. Résultats	25
b. Interprétations	25
3.3. Prélèvements associés à la tombe « ST3 US3 ».....	27
a. Résultats	27
b. Interprétations	29
3.4. Prélèvements associés à la tombe « ST5 US4 ».....	31
a. Résultats	31
b. Interprétations	33
4. BILAN.....	35
4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental.....	35
4.2. Informations d'ordre ethnographique.....	36
5. BIBLIOGRAPHIE.....	38
6. ANNEXE – Photographies.....	40

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats des analyses de restes charbonneux prélevés lors d'une opération d'archéologie préventive menée sur la commune d'Heinerscheid (Luxembourg).

Les charbons analysés proviennent des comblements de différentes tombes dont les datations sont estimées entre 0 à 50 ap. J.-C. (Fig. 1).

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

- Déterminer l'origine des charbons : s'agit-il de résidus de combustibles ou de bois d'œuvre utilisés par exemple lors de la confection des tombes.
- Dans le cas où les charbons proviendraient de combustibles, caractériser la qualité du bois employé : les assemblages révèlent-ils une sélection spécifique des essences et calibres ? Sont-ils représentatifs de rejets d'usages domestiques ou sont ils potentiellement associés aux pratiques « funéraires » ?
- Caractériser les types de boisements présents dans l'aire de collecte à l'époque, afin de mieux cerner l'environnement végétal exploité.

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 vingt prélèvements analysés sont issus des comblements tombes. Au total ce sont un peu plus de 350 fragments qui ont été étudiés (Fig 1).

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE				
Commune :		Heinerscheid (Luxembourg)		
Nom de l'opération / Lieu-Dit :				
Année :		2025		
N° OA :		2025 – 081		
Resp. d'Op. ; commanditaire		Iliya Hadzhipetkov		
Type d'opération :				
Période d'analyse pressentie		mois de juin 2025		
Identifiants	Strucutres et US	Type de structure	Description / contexte	Nombre de charbons observés
2025-081-035	ST5 et US2	Tombe	Sur Mobilier 2	10
2025-081-055			Comblement du Mobilie 1 (0,06-0,20 sol)	43
2025-081-054			Comblement du Mobilie 1 (miliue 0,06-0,20 m)	30
2025-081-056			Comblement du Mobilie 1 (0,20-0,30 sol)	45
SOMME (ST5 – US2)				128
2025-081-081	ST3 et US6	Tombe	Comblement du Mobilie 1	40
SOMME (ST3 US6)				40
2025-081-072	ST3 et US3	Tombe	Sq 1 (passe 3)	15
2025-081-069			Sq 1.1	15
2025-081-066			Sq 2?	15
2025-081-068			Sq 1 (passe 1)	15
2025-081-071			Sq 1 (passe 4)	15
2025-081-067			Sq 1 (passe 2)	15
2025-081-077			Sq 1.2	15
2025-081-078			Sq 2?	16
2025-081-070			Sq 1.3	15
SOMME (ST3 US3)				136
2025-081-080	ST5 et US4	Tombe	coin nord (passe 6)	15
2025-081-079			coin nord (passe 5)	15
2025-081-074			coin nord (passe 3)	15
2025-081-064			coin nord (passe 1)	15
2025-081-073			coin nord (passe 4)	15
2025-081-075			coin nord (passe 2)	15
SOMME (ST5 US4)				90
TOTAL				394

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 les prélèvements le plus diversifiés, n°2025-81-55 et n°2025-81-81, six à sept taxons (y compris des taxons « mixes » ex. chêne-châtaignier, saule-peuplier) ont été identifiés. Les courbes « effort-rendement » montrent des seuils situés entre 10 et 20 fragments (Fig. 2 et 3).

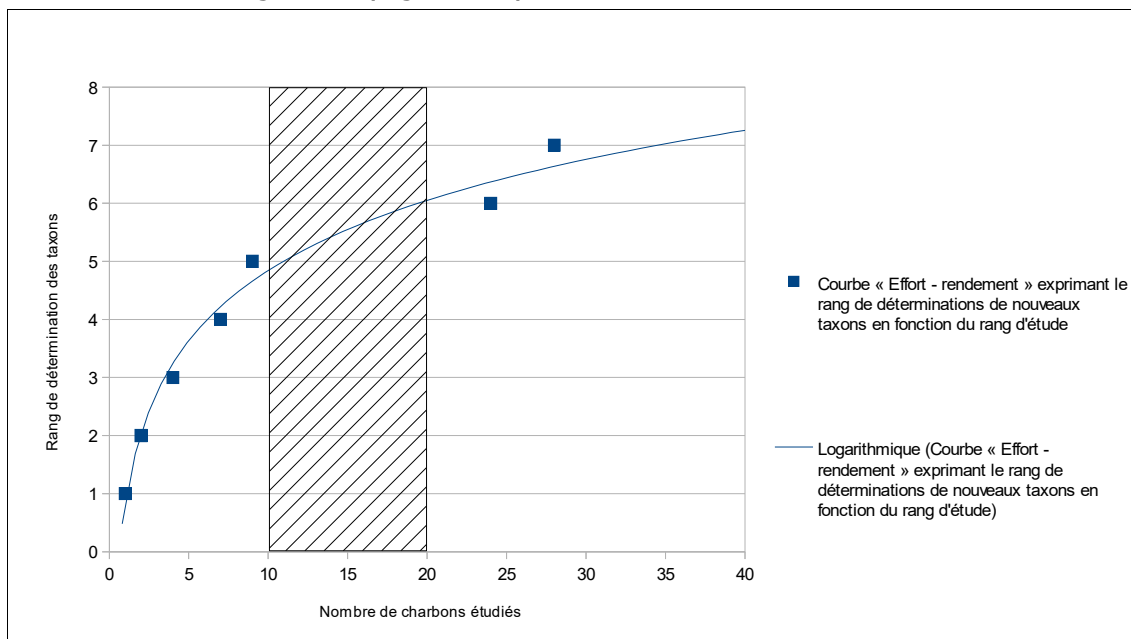


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°2025-81-055. Dans cet exemple, le septième taxon identifié, « chêne-châtaignier » a été observé au 28e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 10 et 20 charbons.

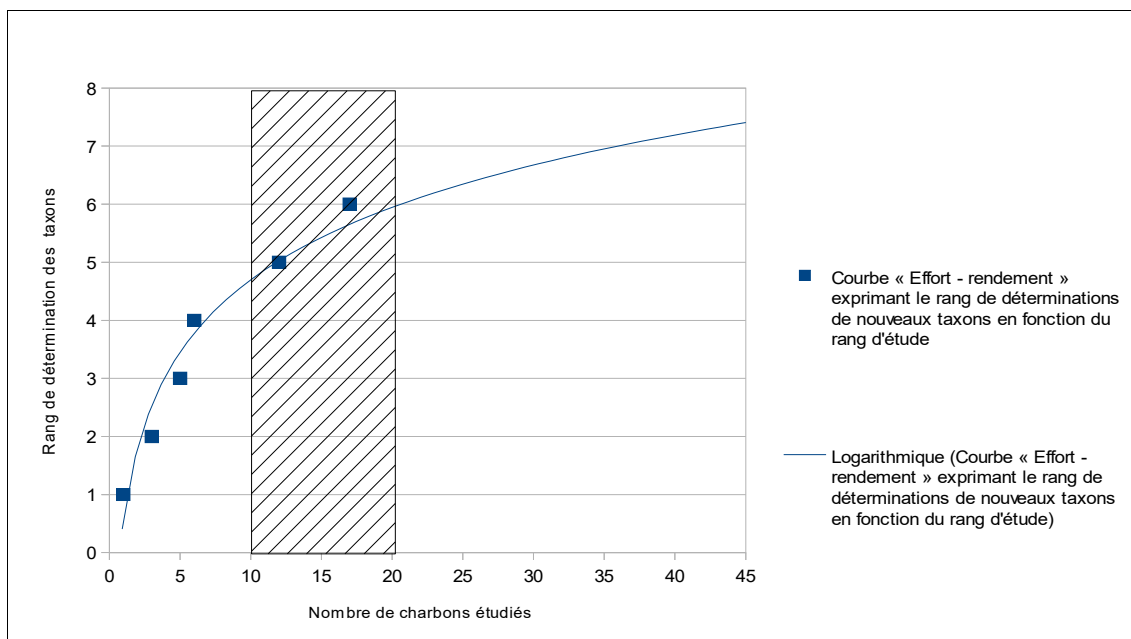


Fig. 3 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°2025-81-081. Dans cet exemple, le sixième taxon identifié, le « genêt (Cytisus type) » a été observé au 17e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 10 et 20 charbons.

De façon générale, les prélèvements étudiés montrent assez peu de diversité (souvent entre deux et cinq taxons). Or, les indicateurs calculés à partir des courbes « effort-rendement » sont basés sur la diversité taxonomique. 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 des effectifs d'échantillonnages représentatifs.

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 une quarantaine de charbons par prélèvement lorsque cela était possible.

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. 4 - 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.

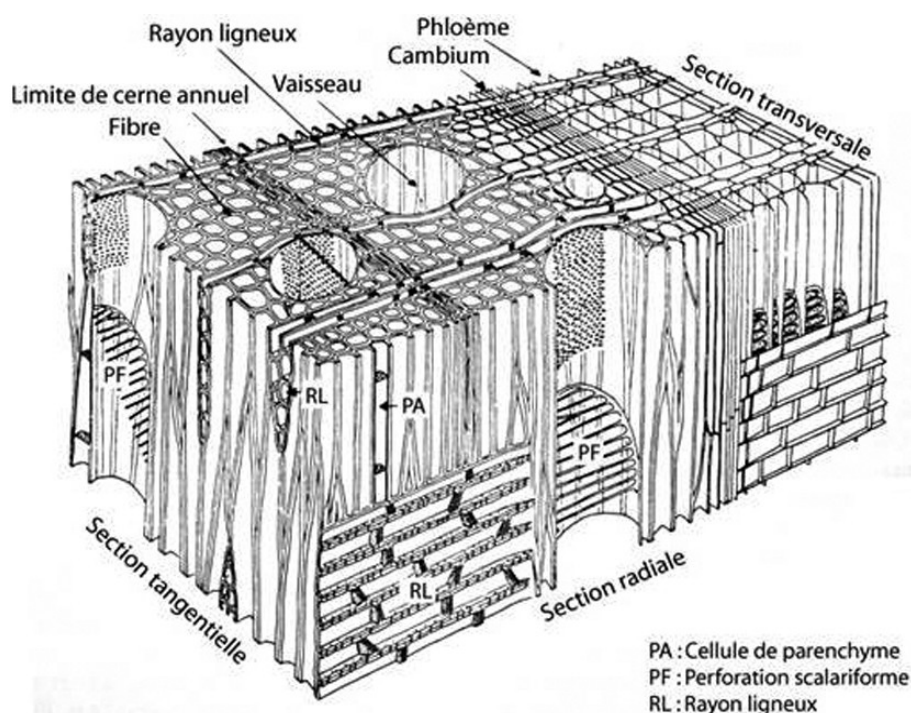


Fig. 5 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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).

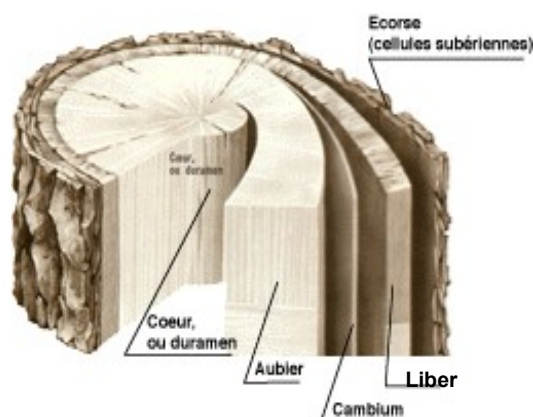
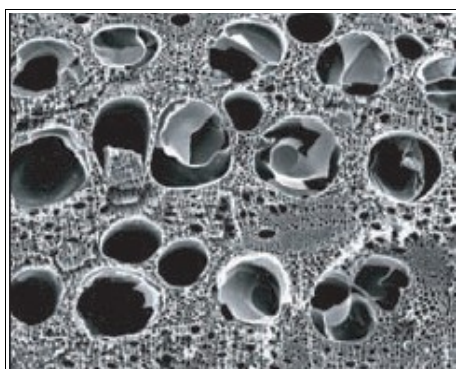
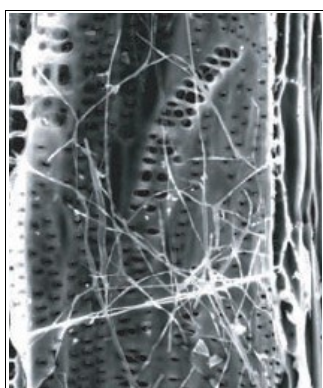


Fig. 6 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à 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.

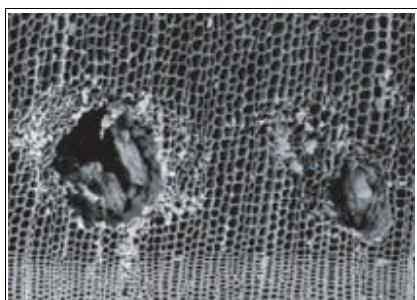
Fig. 7 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

- 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. 8 – 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. 9 – 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.

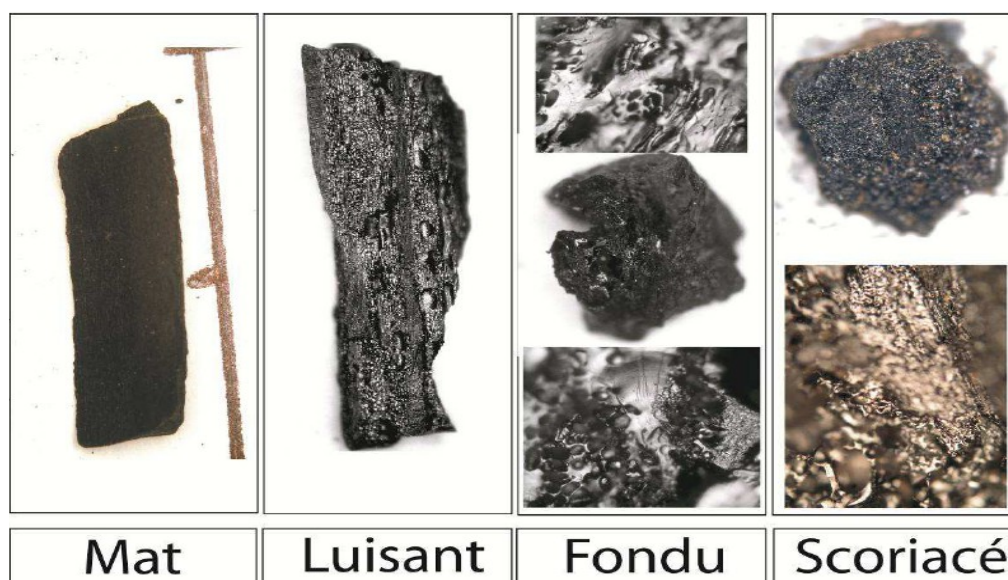
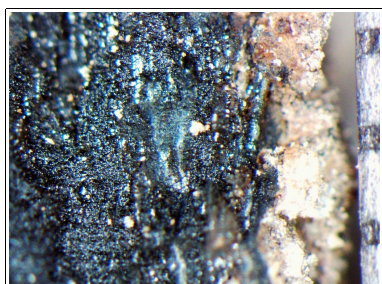


Fig. 10 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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. 11) a donc parfois été utilisé.

Fig. 11 – 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 par exemple permis de montrer une évolution des largeurs de cerne en fonction du temps.

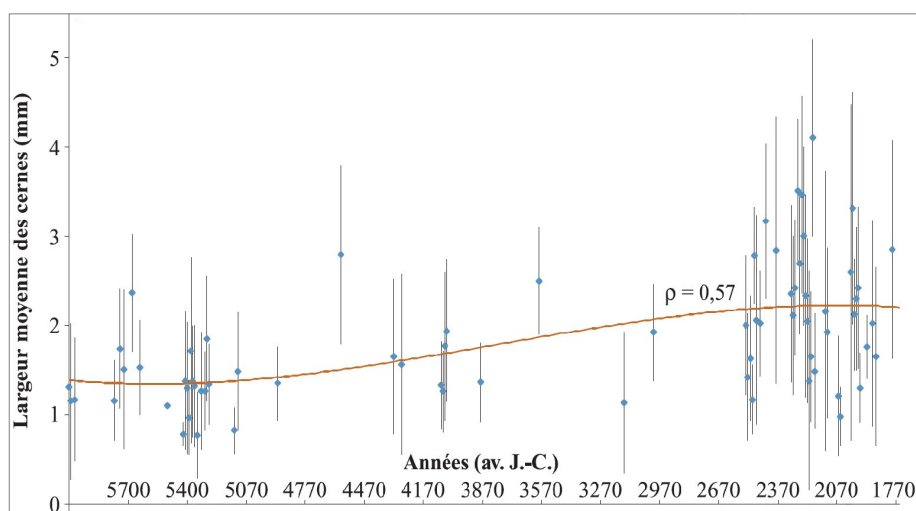


Fig. 12 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie et al., 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 12). 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 cernes renseigne sur l'origine des bois carbonisés.

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 13). 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.

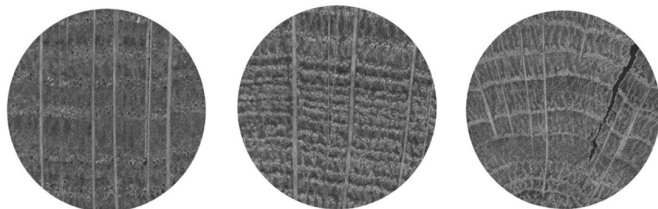


Fig. 13 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

L'étude a permis de déterminer entre onze et treize 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. Il est identifié dans les prélèvements n°001, 005 et 009.

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 « 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 ». Il est identifié dans tous les prélèvements.

Fig. 14 – Représentation du hêtre (*Fagus sylvatica*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

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 / m³), c'est donc un bois qui possède un bon pouvoir calorifique.

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.

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* 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.

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.

La longévité du noisetier est de l'ordre de 20 à 30 ans (Rameau et *al.*, 2008). C'est donc un bon candidat pour des datations radiocarbone.



Fig. 15 – Représentation du noisetier (*Corylus avellana*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

Les **Fabacées** ligneuses forment une famille regroupant notamment le **genêt** (*Cytisus sp.*) et les ajoncs (*Ulex sp.*). Ce sont des essences héliophiles voire de demi-ombre se rencontrant surtout dans des landes arbustives (ou « landes fourrés ») et les friches. On peut retrouver aussi ces taxons en lisières de forêts caducifoliées, dans des bois clairs, dans des haies. Les associations de landes arbustives se retrouvent souvent dans des secteurs en cours de recolonisation végétale suite par exemple à une levée de pression des activités humaines (ex. terres cultivées abandonnées, espaces défrichés puis abandonnés...). Ces essences fournissent du bois de petit calibre, utiles notamment pour l'allumage des combustions.

Le **saule** (*Salix sp.*) et le **peuplier** (*Populus sp.*) sont des essences vivant dans des contextes humides tels que les bordures de rivières, les berges des lacs et zones alluviales. Ils sont souvent associés au noisetier et bouleau. Ce sont des bois utilisés en vannerie et offrant pour le saule des propriétés médicinales. En revanche ce sont des bois de feu assez médiocres, charbon léger (Rameau et *al.*, 1989). Ce sont des essences à forte croissance pouvant assurer un bon allumage du feu, mais leurs combustions respectives sont trop rapides.

Le bois de saule est utilisé en vannerie et offre des propriétés médicinales. Il peut occasionnellement être utilisé en menuiserie pour de petites pièces de charpente,

chevrons, cercles de tonneaux, claies, pâte à papier et sculptures (Rameau *et al.*, 1989).

Le bois de peuplier est blanc, relativement tendre et homogène. Débit sur dosse et en quartier à aspect fibreux. Le bois sèche facilement et vite, il se travaille bien, mais se polit mal. Il est aujourd'hui apprécié en papeterie, le déroulage pour emballage, ou pour la fabrication de panneaux de fibres. Il a néanmoins aussi été utilisé en menuiserie pour la confection de lattes pour âme de panneaux, charpente, charonnage, panneaux destinés à la peinture à l'huile... (Rameau *et al.*, 1989)

Le cornouiller (*Cornus sp.*) est un genre qui correspond potentiellement à deux espèces d'arbres dans l'aire considérée : le cornouiller sanguin (*Cornus sanguinea*) et le cornouiller mâle (*Cornus mas*). Ce sont des arbustes héliophiles et poussant sur des sols riches en bases (pH basique à légèrement acide). On les trouve dans les bois de types chênaies, chênaies-hêtraies, forêts ripicoles, lisières forestières, haies, fourrés et friches. Il est utilisé en marqueterie, dans la confection d'outils... Le cornouiller mâle est réputé pour fournir un excellent bois de chauffage. Ses fruits sont comestibles à maturité. Les fruits du cornouiller sanguin donnent une huile utilisée autrefois pour l'éclairage et la fabrication du savon.

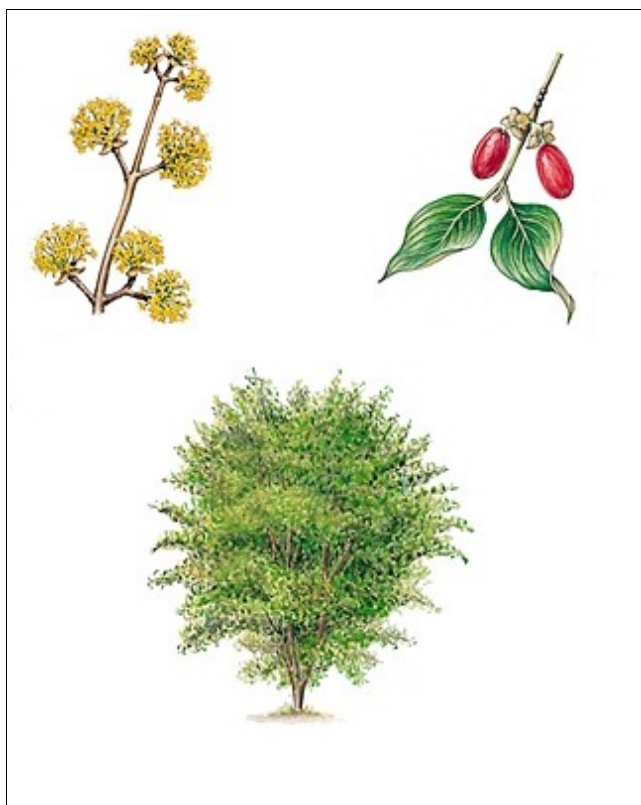


Fig. 16 – Représentation du cornouiller mâle (*Cornus mas*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les analyses anthracologiques portent sur quatre ensembles distincts de prélèvements correspondant aux comblements de quatre tombes (Fig. 1).

Le premier ensemble comprend quatre prélèvements associé à la tombe « ST5 – US2 ».

La deuxième structure n'est représentée que par un seul prélèvement (ST3 – US 6).

Le comblement d'une troisième tombe « ST3 US 3 » comprend huit prélèvements.

Enfin, un quatrième ensemble associé à la tombe « ST5 US4 » comprend six prélèvements.

Les résultats correspondant à ces quatre ensembles sont présentés ci-après en quatre parties distinctes.

3.1. Prélèvements associés à la tombe « ST5 US2 »

a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						Thylle	Moelle	Insecte
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform			
2025-081-035	Fagus sylvatica	10	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2025-081-055	Betula sp.	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Corylus avellana	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	7	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Populus sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	Quercus sp.	25	0	21	1	18	1	0	2	1	0	0	0	12	0	0
SOMME		43	0	23	7	18	1	0	2	1	0	0	0	15	1	0
2025-081-054	Betula sp.	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	12	1	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	15	0	12	1	10	1	0	4	0	0	1	0	13	0	0
SOMME		30	1	14	11	10	1	0	4	0	0	1	0	13	0	0
2025-081-056	Betula sp.	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Corylus avellana	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	26	0	11	13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	15	0	11	1	11	0	2	1	1	0	0	0	12	0	0
SOMME		45	0	22	18	11	0	2	3	1	0	0	0	12	0	0
TOTAL		128	1	61	40	39	2	2	9	2	0	1	0	40	1	1

Fig. 17 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements n°2025-81-065, 2025-81-055, 2025-81-054 et 2025-81-056.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	39	118	1,02	0,26	0,33	1,5

Fig. 18 – Tableau des résultats des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire pour l'ensemble des prélèvements de « ST5 – US2 ».

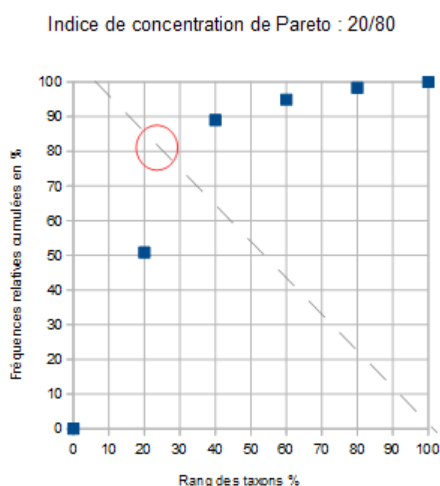


Fig. 19 – Indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des charbons provenant des prélèvements n°54, 55 et 56 associés au mobilier 1. Le calcul a été effectué sur les effectifs de cinq taxons anthracologiques observés à l'intérieur des trois prélèvements. Les fragments de chêne et de chêne-châtaigner, ainsi que de saule/peuplier et peuplier ont été rassemblés. 118 charbons ont été retenus pour le calcul.

b. Interprétations

128 charbons ont été observés pour les quatre prélèvements de la tombe « ST5 US2 ».

Compte tenu du fait que le prélèvement n°2025-081-035 soit associé au mobilier n°2 et les trois autres prélèvements (n°54, 55, 56) au mobilier n°1, ils ont été interprétés séparément.

Une dizaine de charbons ont été observés pour le prélèvement n°35 (associé au mobilier n°2). Ils correspondaient tous à des petites branches de hêtre (Fig. 17).

En ce qui concerne les trois prélèvements (n°54, 55, 56) associés au mobilier n°1, un peu plus de 100 charbons correspondant à sept taxons anthracologiques ont été identifiés (Fig. 20). Par ordre d'importance on constate des charbons de hêtre (*Fagus sylvatica*), de chêne (*Quercus sp.*) et chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*) dans des proportions sensiblement équivalentes (environ 40% chacun). Dans une moindre mesure, des charbons de bouleau (*Betula sp.*), de noisetier (*Corylus avellana*), de saule/peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*) et peuplier (*Populus sp.*) ont aussi été observés (Fig. 20).

Notons que l'hypothèse de la présence du châtaignier est peu probable. Le taxon anthracologique « chêne-châtaigner » est surtout lié à la difficulté de distinguer le chêne du châtaignier pour les petits fragments (cf. notes à ce sujet chapitre 2.4.).

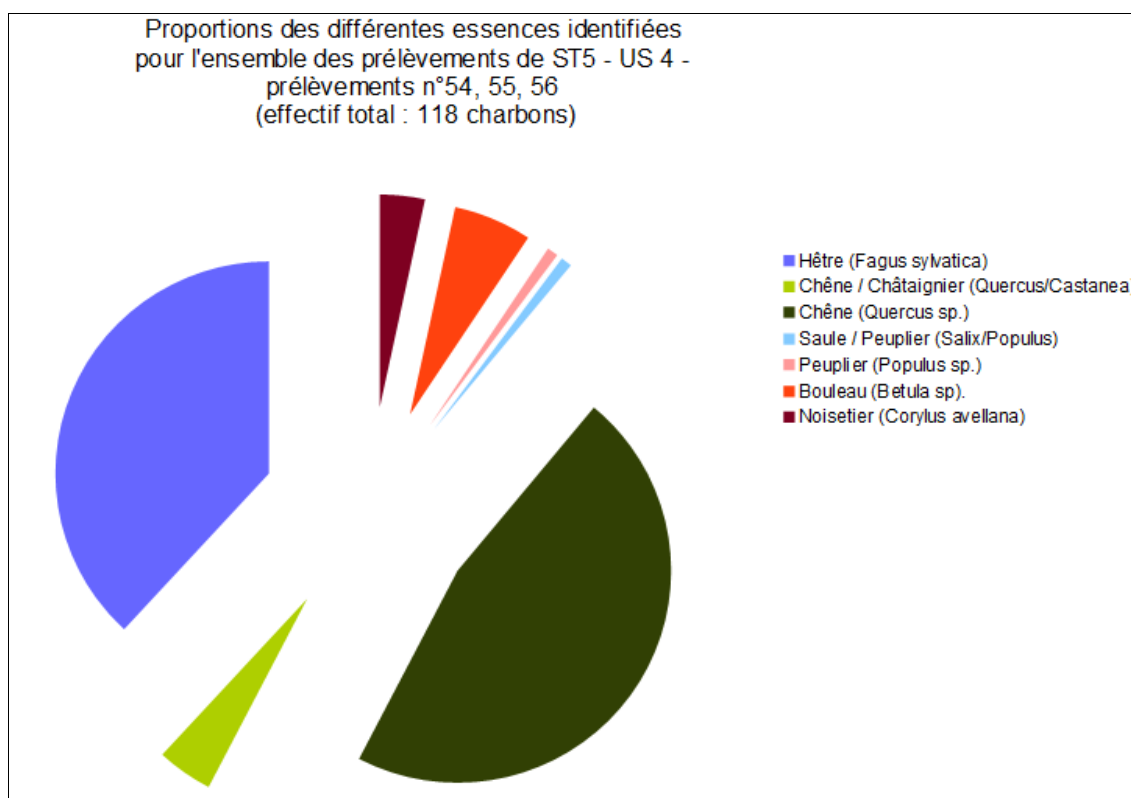


Fig. 20 – Représentation des proportions des différents taxons identifiés pour les trois prélèvements associés au comblement du mobilier 1 (Prélèvements n°54, 55 et 56) sous la forme d'un « camembert éclaté ».

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. 17). 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 et le hêtre 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, le noisetier, le bouleau, le saule / peuplier, sont des bois plus « tendres », qui s'enflamment rapidement mais durent peu. Le bois de chêne et de hêtre 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 de bouleau et de noisetier pour la phase d'allumage.

De façon générale les charbons montrant des fentes de retrait sont en faibles quantités (environ 4%). 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 (10%). 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 charbonneux 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 cinq taxons anthracologiques clairement identifiés. Notons que les charbons de chêne et de chêne-châtaigner ainsi que de peuplier et peuplier / saule ont été rassemblés dans deux taxons (Fig. 19).

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).

Même si le nombre de charbons et la diversité anthracologiques retenus pour le calcul sont assez faibles, le rapport d'équilibre est assez proche de celui attendu en théorie dans la nature, à savoir une situation où environ 20 % des taxons représentent près de 80 % de la biomasse (Chabal et al., 1999). Il est par ailleurs probable que des analyses complémentaires auraient permis de se rapprocher davantage encore de ce rapport d'équilibre.

Si l'on en croit cet indice, les compositions anthracologiques constatées sont donc probablement issues de ramassages de « tout venant », peu sélectifs, ce qui serait plutôt à rapprocher d'usages domestiques (?).

Enfin, des mesures de largeurs de cernes ont pu être réalisées sur une quarantaine de charbons de chêne permettant de calculer une moyenne très faible d'environ 1 mm / an (Fig. 18). 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).

3.2. Prélèvement associés à la tombe « ST3 US6 »

a. Résultats

			Courbure			Rythme		Combustion							
Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux	Thylle
2025-081-081	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fabacée type Cytisus	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	12	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	Prunus sp.	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	10	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3
	Quercus sp.	11	0	5	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	4
	Salix sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOMME		40	0	10	6	3	1	0	3	0	0	0	1	1	7

Fig. 21 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements de la tombe « ST3 US6 »

b. Interprétations

Une quarantaine de fragments ont été observés dans ce prélèvement. Ils correspondent principalement à du chêne, à des charbons de type chêne-châtaignier et à du hêtre. À eux seuls, ces trois taxons représentent près de 80 % de l'assemblage. De manière plus marginale, quelques fragments de saule (*Salix sp.*), de noisetier, de genêt (*Fabacée*, type *Cytisus sp.*) et du genre *Prunus* ont également été identifiés.

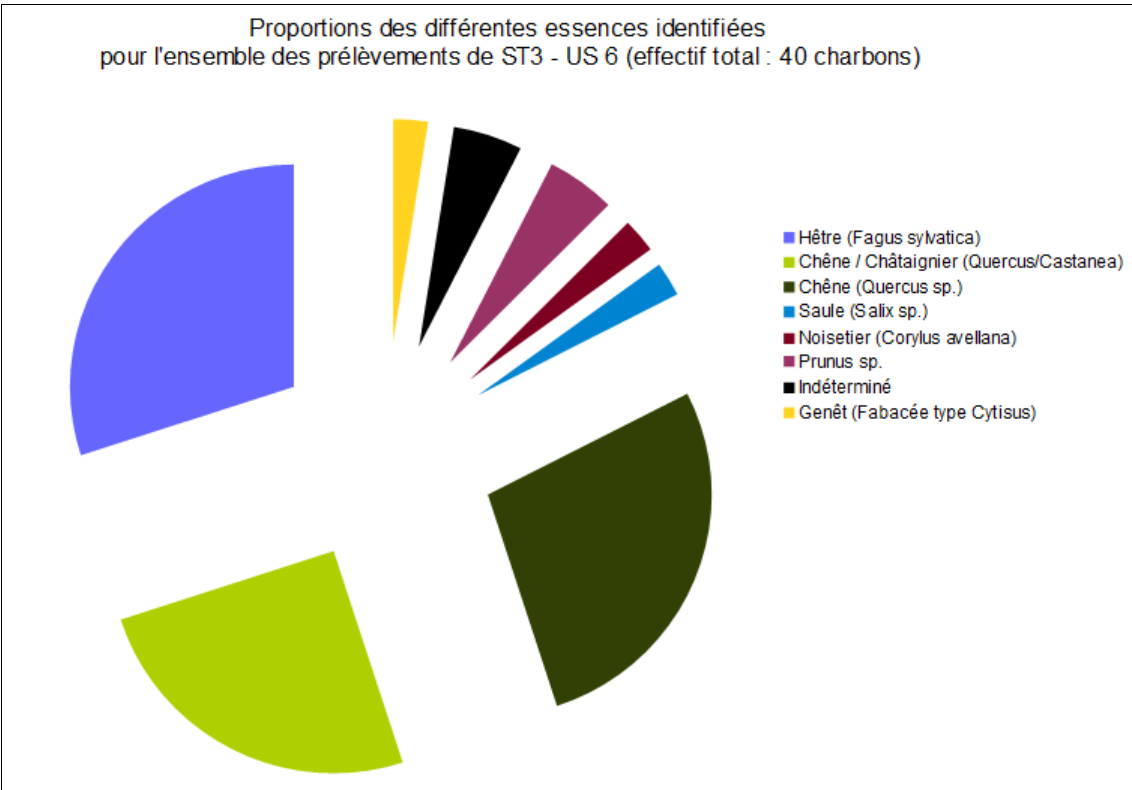


Fig. 22 – Représentation des proportions des différents taxons identifiés pour le prélèvement de la tombe « ST3 US6 » (Prélèvements n°2025-081-081) sous la forme d'un « camembert éclaté ».

L'analyse des courbures de cernes met en évidence une majorité de fragments présentant une courbure intermédiaire, suggérant l'utilisation de branches de quelques centimètres de diamètre.

Concernant l'aspect des charbons, les fragments luisants sont faiblement représentés (environ 10 %), ce qui limite la probabilité d'une combustion prolongée en milieu anaérobie (cf. chapitre 2.2.). L'hypothèse la plus vraisemblable demeure celle d'une combustion en milieu ouvert. Les rares fragments d'aspect luisant pourraient résulter de conditions localisées, possiblement de combustion de fond de foyer.

Par ailleurs, les charbons présentant des fentes de retrait sont peu nombreux, ce qui suggère l'utilisation de bois sec (non vert) au moment de la combustion.

La composition de cet assemblage est globalement comparable à celle observée pour les prélèvements de la tombe « ST5 US2 », caractérisée également par une forte proportion de bois durs, notamment le chêne et le hêtre. Dans les deux cas, on peut émettre l'hypothèse d'un recours préférentiel à des essences denses pour l'alimentation du feu. Les bois plus tendres et de plus petits calibres (genêt, saule, noisetier, *Prunus*) ont probablement été utilisés lors des phases d'allumage.

3.3. Prélèvements associés à la tombe « ST3 US3 »

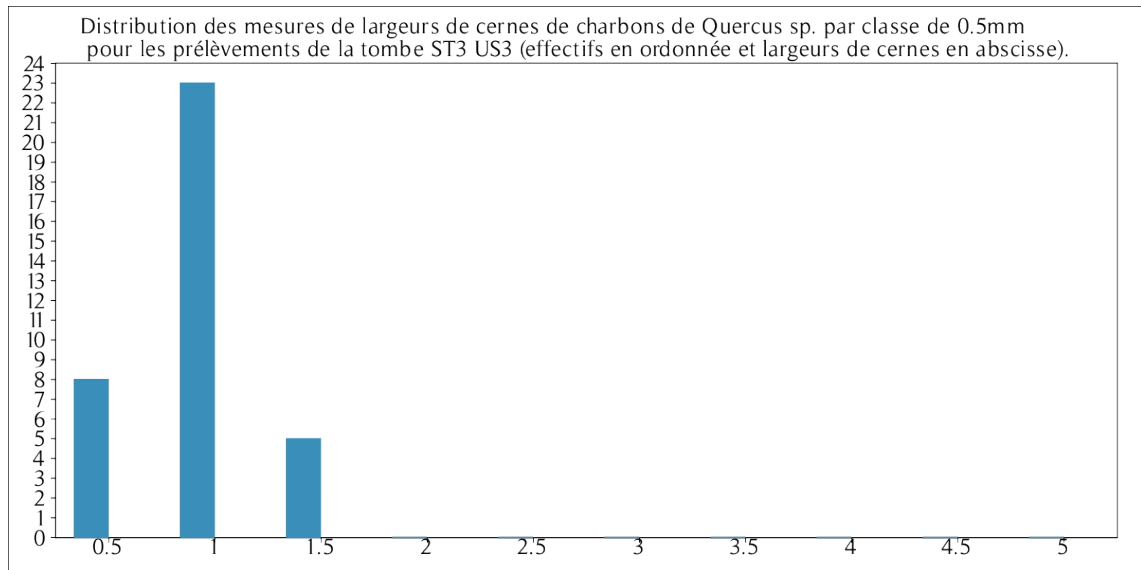
a. Résultats

			Courbure			Rythme		Combustion								
Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleu x	Thylle	Moelle
2025-081-066	Acer sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Betula sp.	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	7	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	4	1	2	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	3	3
SOMME		15	1	8	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0
2025-081-067	Fagus sylvatica	5	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	10	0	7	1	6	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
SOMME		15	0	9	2	6	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0
2025-081-068	Betula sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cornus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fraxinus sp.	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Graine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	5	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
SOMME		15	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
2025-081-069	Acer sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Betula sp.	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	9	0	5	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0
SOMME		15	0	8	3	4	1	0	1	0	0	0	0	0	5	0
2025-081-070	Betula sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	6	0	3	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	7	0	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1
SOMME		15	0	7	5	4	0	0	1	0	0	0	0	0	4	1
2025-081-071	Betula sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cornus sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	6	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	6	0	6	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
SOMME		15	0	10	2	4	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0
2025-081-072	Betula sp.	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Corylus avellana	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Fagus sylvatica	6	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Salix/Populus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salix sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOMME		15	0	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2025-081-077	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	12	0	10	1	9	1	0	0	0	0	0	0	0	6	0
SOMME		15	0	11	3	9	1	0	0	0	0	0	0	0	6	0
2025-081-078	Fagus sylvatica	6	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Quercus sp.	9	0	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
SOMME		16	0	7	3	4	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0
TOTAL		136	1	68	29	36	3	0	6	0	0	0	1	0	29	2

Fig. 23 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements de la tombe « ST3 US3 ».

Identifiants – prélèvements			Courbure			Rythme		Combustion					Aspect granuleu x	Thylle	Moelle	
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud				Fendu très brillant - struct. Inform
ST3 US 3	Acer sp.	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Betula sp.	9	0	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Cornus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Corylus avellana	6	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Fagus sylvatica	43	0	19	15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Fraxinus sp.	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Graine	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	1	0	0	0
	Quercus/Castanea	5	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	63	1	41	6	36	3	0	3	0	0	0	0	0	29	1
	Salix/Populus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Salix sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		136	1	68	29	36	3	0	6	0	0	0	1	0	29	2

Fig. 24 – Tableaux synthétique montrant la liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour l'ensemble des prélèvements de la tombe « ST3 US3 ».



Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
<i>Quercus</i> sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	36	87	0,92	0,34	0,17	1,5

Fig. 25 – Tableau des résultats et histogramme des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne (*Quercus* sp.) présentant une courbure faible à intermédiaire pour l'ensemble des prélèvements de ST3 – US3.

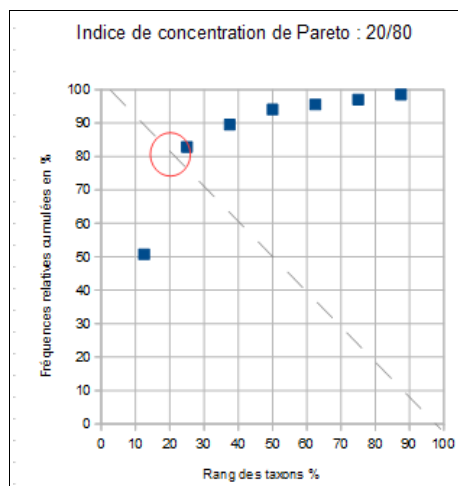


Fig. 26 – Indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des charbons provenant des prélèvements de la tombe « ST3 US3 ». Le calcul a été effectué sur les effectifs de huit taxons anthracologiques observés à l'intérieur des neuf prélèvements. Les fragments de chêne et de chêne-châtaigner, ainsi que de saule/peuplier et saule ont été rassemblés. 134 charbons ont été retenus pour le calcul.

b. Interprétations

Un peu plus de 130 charbons correspondant de huit à dix taxons anthracologiques ont été identifiés. Par ordre d'importance on constate des charbons de chêne (*Quercus sp.*), de chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*) et de hêtre (*Fagus sylvatica*). Dans une moindre proportion, des charbons de bouleau (*Betula sp.*), de noisetier (*Corylus avellana*), d'érable (*Acer sp.*), de cornouiller (*Cornus sp.*), de saule et saule-peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*) ont aussi été observés (Fig. 27).

Notons que le chêne et le hêtre ont systématiquement été identifiés dans l'ensemble des neuf prélèvements.

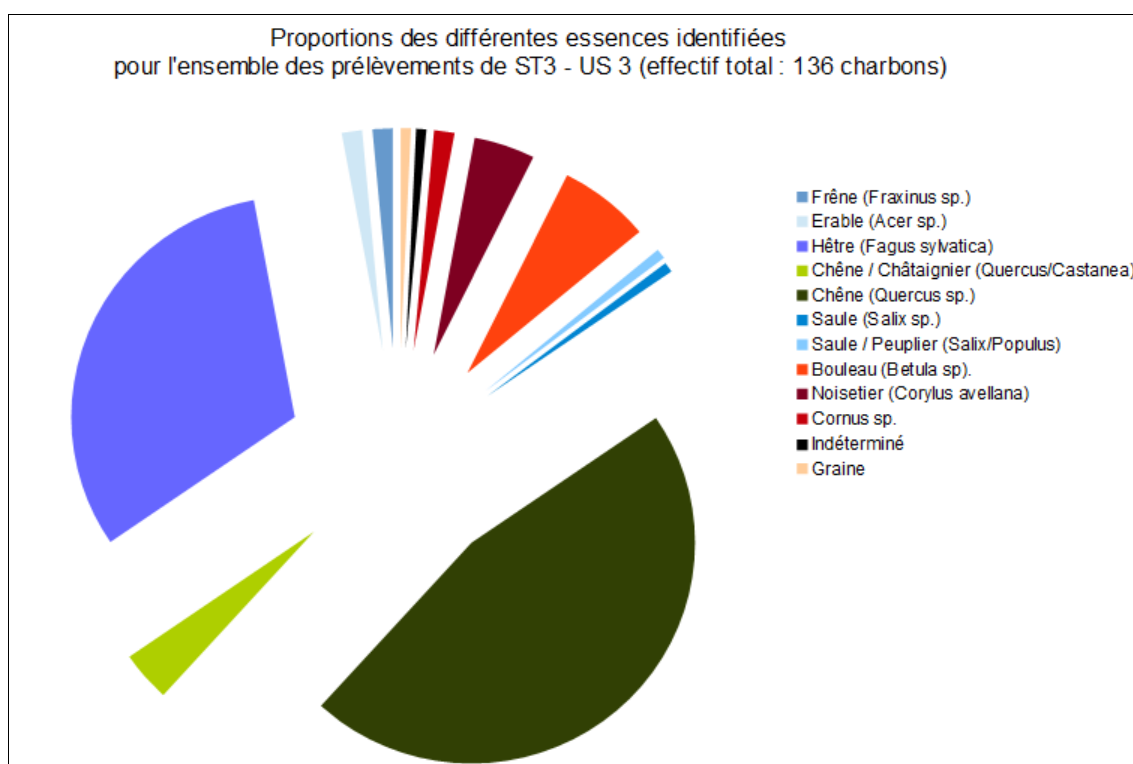


Fig. 27 – Représentation des proportions des différents taxons identifiés pour l'ensemble des prélèvements de la tombe « ST3 US3 » sous la forme d'un « camembert éclaté ».

L'observation des courbures de cernes met en évidence une nette prédominance de fragments présentant des courbures moyennes (70 %) et forte (30 %). Un seul charbon montre des courbures faibles (fig. 23 et 24). Ces données indiquent que les combustibles utilisés proviennent majoritairement de bois de moyen calibre, probablement de quelques centimètres de diamètre.

Les essences telles que le chêne, le hêtre, le frêne, voire l'érable correspondent à des bois « durs », capables de produire des braises à fort pouvoir énergétique et à combustion prolongée ; elles peuvent à ce titre être qualifiées d'« excellents combustibles ». À l'inverse, le saule, le peuplier, noisetier, bouleau correspondent à des bois plus « tendre », s'enflammant rapidement mais offrant une durée de

combustion limitée. Il apparaît ainsi que le chêne, le hêtre, le frêne et l'érable ont été principalement utilisés pour alimenter la combustion, tandis que les bois de faible section et les essences légères ont probablement joué un rôle dans la phase d'allumage. La densité élevée de bois durs permet en effet la formation de braises se consumant lentement.

Aucun charbon présentant des fentes de retrait n'a été observé. Cela est caractéristique d'un bois brûlé à l'état sec (et non vert), ce qui implique une sélection du combustible lors de la collecte et suggère éventuellement l'existence d'un stockage préalable.

La proportion de fragments d'aspect luisant est également très faible (environ 5 %). Les charbons semblent donc résulter de combustions majoritairement aérobies (cf. chap. 2.2. concernant le phénomène de « vitrification »). L'hypothèse de rejets issus de combustions ouvertes, de type foyer, apparaît ainsi la plus probable. Les rares surfaces luisantes observées sur certains charbons relèvent vraisemblablement d'effets localisés, possiblement en fond de foyer (Blaizot *et al.*, 2004). Dans l'ensemble, la combustion semble avoir été bien oxygénée, les résidus charbonneux proviennent donc plutôt d'une combustion de type « foyer ouvert ».

En ce qui concerne la collecte du combustible, le calcul de l'indice de concentration de Pareto montre que le rapport d'équilibre est assez proche de celui attendu en théorie dans la nature (Fig. 26) à savoir une situation où environ 20 % des taxons représentent près de 80 % de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999).

Sur la base de cet indice, les compositions anthracologiques observées peuvent être interprétées comme le résultat de ramassages peu sélectifs, de type « tout venant ». Aucun critère de sélection à caractère spécifiquement « technique » ne semble, a priori, avoir guidé le choix de cet assemblage de combustible.

Ce mode de collecte « opportuniste », associé à l'utilisation d'essences de combustibilité relativement médiocre (noisetier, genêt, saule, bouleau, cornouiller) est généralement à rapprocher des usages domestiques.

Enfin, des mesures de largeur de cernes ont été effectuées sur une quarantaine de fragments de chêne, permettant de calculer une moyenne d'environ 0,9 mm/an (fig. 25). Cette valeur est caractéristique de conditions de croissance très contraignantes, pouvant correspondre à un environnement défavorable (sols pauvres, exposition limitée) ou à un milieu soumis à une forte compétition inter- ou intraspécifique pour l'accès aux ressources (par exemple un boisement dense). La distribution des valeurs, de forme « unimodale », suggère l'existence d'une source unique ou d'une aire d'approvisionnement homogène.

3.4. Prélèvements associés à la tombe « ST5 US4 »

a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme			Combustion					Aspect granuleu x	Thylle	Moelle
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform.			
2025-081-064	Betula sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Fagus sylvatica	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	12	0	2	5	1	4	0	2	0	0	0	0	0	4	0
SOMME		15	0	3	6	1	4	0	2	0	0	0	0	0	4	1
2025-081-073	Acer sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cornus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	7	0	2	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	3	0	3	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SOMME		15	0	6	6	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
2025-081-074	Betula sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	4	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fraxinus sp.	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	6	0	2	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	6	0
SOMME		15	0	7	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	6	0
2025-081-075	Betula sp.	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	11	1	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
SOMME		15	1	4	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
2025-081-079	Betula sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	5	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Fraxinus sp.	1	0	0	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	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	6	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
SOMME		15	0	5	4	3	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1
2025-081-080	Fagus sylvatica	5	0	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Fragment de noyau ou pé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	8	0	5	1	5	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0
SOMME		15	0	10	2	5	1	0	1	1	0	0	0	0	3	0
TOTAL		90	1	35	21	17	5	0	6	2	0	0	0	1	19	2

Fig. 28 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements de la tombe « ST5 US4 ».

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme			Combustion					Aspect granuleu x	Thylle	Moelle
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform.			
ST5 US 4	Acer sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Betula sp.	5	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Cornus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Corylus avellana	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fagus sylvatica	23	0	10	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1
	Fragment de noyau ou pé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fraxinus sp.	3	0	1	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	0
	Quercus/Castanea	8	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	46	1	17	8	17	5	0	3	2	0	0	0	0	19	0
TOTAL		90	1	35	21	17	5	0	6	2	0	0	0	1	19	2

Fig. 29 – Tableaux synthétique montrant la liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour l'ensemble des prélèvements de la tombe « ST5 US4 ».

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	17	65	0,86	0,36	0,1	1,5

Fig. 30 – Tableau des résultats des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne (*Quercus sp.*) présentant une courbure faible à intermédiaire pour l'ensemble des prélèvements de « ST5 – US4 ».

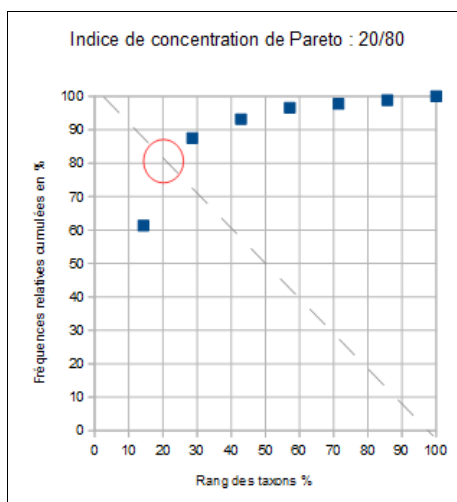


Fig. 31 – Indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des charbons provenant des prélèvements de la tombe « ST5 US4 ». Le calcul a été effectué sur les effectifs de sept taxons anthracologiques observés à l'intérieur des six prélèvements. Les fragments de chêne et de chêne-châtaigner ont été rassemblés. 88 charbons ont été retenus pour le calcul.

b. Interprétations

90 charbons correspondant de sept à huit taxons anthracologiques ont été identifiés. Par ordre d'importance on constate des charbons de chêne et de chêne-châtaigner (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*) (environ 55%), de hêtre (*Fagus sylvatica*) (environ 25%) et dans une moindre mesure des charbons de bouleau (*Betula sp.*), de frêne (*Fraxinus sp.*), érable (*Acer sp.*), noisetier (*Corylus avellana*) et cornouiller (*Cornus sp.*). (Fig. 32).

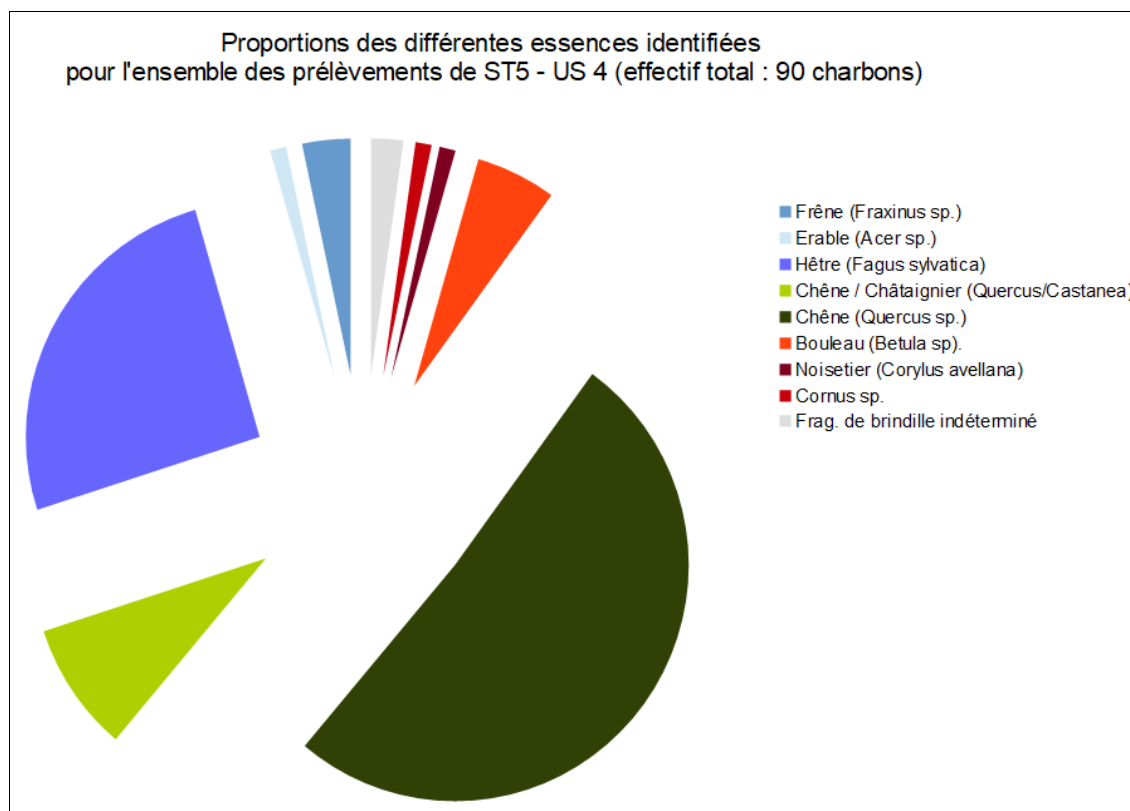


Fig. 32 – Représentation des proportions des différents taxons identifiés pour l'ensemble des prélèvements de la tombe « ST5 US4 » sous la forme d'un « camembert éclaté ».

L'observation des courbures des cernes met en évidence une proportion majoritaire de fragments présentant des courbures intermédiaires (60 %) (fig. 29). Cette distribution suggère que les combustibles utilisés proviennent principalement de bois issus de petites branches, probablement de quelques centimètres de diamètre.

Les mêmes essences dominantes que dans les ensembles précédents sont identifiées, à savoir le chêne et le hêtre, correspondant à des bois dits « durs ». À ces taxons peuvent être associés le frêne et l'érable, essences également caractérisées par une forte densité. Les bois plus tendres, tels que le bouleau et le noisetier, ainsi que le cornouiller, généralement de petit calibre, peuvent être interprétés comme des bois d'allumage.

De manière générale, les charbons présentant des fentes de retrait sont rares (moins de 5 %), ce qui indique que le bois a été brûlé à l'état sec.

Enfin, la proportion de fragments à aspect luisant demeure faible (environ 10 %), suggérant que ces charbons résultent principalement de combustions en milieu ouvert, de type « foyer ouvert ».

Le calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué afin de caractériser les modalités de ramassage du bois (Fig. 31). Comme dans les autres ensembles anthracologiques, le rapport d'équilibre obtenu se rapproche des valeurs théoriquement attendues dans un contexte naturel (Chabal *et al.*, 1999). Sur la base de cet indice, les compositions anthracologiques peuvent être interprétées comme le résultat de ramassages peu sélectifs, de type « tout-venant ». Ce mode de collecte opportuniste est généralement associé à des usages de nature domestique.

Par ailleurs, plusieurs mesures de largeur de cernes ont été réalisées sur des fragments de chêne de calibre moyen (Fig. 22). La valeur moyenne obtenue, de l'ordre de 0,86 mm/an, traduit des dynamiques de croissance difficiles. Ces résultats suggèrent un approvisionnement en bois issu de formations forestières soumises à des conditions de croissance défavorables, telles que des boisements denses ou mal exposés, implantés sur des sols pauvres.

4. BILAN

Cette étude apporte des éléments d'interprétation fondés sur l'analyse des vestiges ligneux. Un total de 394 fragments a été observé à partir de vingt prélèvements provenant de quatre ensembles charbonneux (Fig. 1).

4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental

Onze à treize 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, voire de l'érable et du frêne ou bien des choix orientés vers des bois de petit calibre plus « légers », noisetier, bouleau, saule-peuplier sont probables.

L'identification des taxons ligneux permet de proposer différentes associations écologiques (Rameau *et al.*, 1989) (Fig. 33) :

- **les groupements de la chênaie-hêtraie et de la chênaie diversifiée** avec le chêne, (chêne-châtaignier), le hêtre, l'érable, le frêne.
- **les boisements clairs, lisières forestières et haies** : avec la détection de la famille du genre *Prunus*, du cornouiller, du noisetier, du bouleau, le genêt, voire de l'érable.

Ces boisements forestiers et boisements clairs correspondent à des collectes de bois dans des secteurs bien drainés.

- **les boisements hygrophiles ou frais** sont identifiés avec le saule, le peuplier, le frêne et potentiellement le noisetier et le bouleau.

Ces boisements hygrophiles, surtout caractérisés par la présence du saule-peuplier étaient probablement situés dans une zone alluviale ou à l'intérieur d'une zone humide.

- **les formations de friches, landes, fourrés** sont suggérées par l'association de ligneux de la famille des Fabacées comme le genêt (*Cytisus scoparius*) ou l'ajonc (*Ulex sp.*), le genre *Prunus* (ex. le prunellier) ainsi que le noisetier et le bouleau.

L'identification potentielle d'espèces de landes, landes-fourrés (fruticées) est à souligner. Suivant une dynamique végétale bien connue dans le nord de la France, (Marguerie, 1992a), l'apparition puis le développement des végétations de landes sont la conséquence de défrichements précoces, au moins dès la Protohistoire dans le nord-ouest, suivis de surexploitations agricoles (pastoralisme, cultures...) entraînant une dégradation générale des sols. Les déprises agricoles qui s'en suivirent ont probablement donné lieu à des recolonisations végétales sous forme de formations de landes et landes-fourrés dans les environs du site. Ces formations de landes sont caractéristiques de la Protohistoire.

Remarque sur l'écologie du noisetier et du bouleau : 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.

	ST5 US2	ST3 US6	ST3 US3	ST5 US4
Groupe forestiers de la chênaie-hêtraie et chênaie diversifiée				
Boisements clairs, haies, lisières				
Boisements frais (humides)				
Formations de landes et fourrés				
Graines (céréales)				

Fig. 33 – Tableau montrant les différents types de boisements explorés en fonction des différents contextes de prélèvement.

92 mesures de largeur de cernes ont pu être réalisées sur des charbons de chêne de courbure intermédiaire à faible. Ces mesures ont permis de calculer des largeurs de cernes moyennes comprises entre 0,86 mm et 1,02 mm par an (Fig. 18, 25 et 30).

Ces valeurs traduisent des conditions de croissance difficiles, pouvant être liées à des facteurs abiotiques (sols pauvres ou hydromorphes, mauvaise exposition, pentes marquées, etc.) et/ou à des contraintes biotiques, telles qu'une forte compétition pour les ressources, par exemple au sein d'une chênaie dense.

4.2. Informations d'ordre ethnographique

Les quatre ensembles présentent de fortes similarités. En effet les compositions charbonneuses sont dominées très largement par le chêne (dont le chêne-châtaignier) et le hêtre. Ces deux à trois essences représentent généralement plus des trois quarts des charbons.

Dans une moindre mesure, on observe la présence systématique du noisetier et du bouleau (excepté pour le prélèvement ST3 US6). En plus de ces quatre taxons, des charbons de saule/peuplier, cornouiller, *Prunus*, frêne, érable, genêt.

Quelques fragments de graines carbonisées sont à noter.

Les courbures de cernes indiquent une exploitation majoritaire de bois de moyen à petit calibre, essentiellement des branches. L'usage de bois de gros calibre n'a pu être reconnue à cause de la petite taille des fragments ne permettant pas l'estimation des courbures de cerne.

L'association d'essences de bois denses (chêne, hêtre, voire érable et frêne), excellents combustibles, avec des bois plus tendres (noisetier, bouleau, saule, genêt, cornouiller) s'explique probablement par des raisons techniques sur la façon de mener les combustions. En effet, l'utilisation de bois denses (ou « lourds ») permet des combustions livrant des braises avec beaucoup d'énergie et durables, alors que les bois tendres générant de combustions vives mais plus courtes, ont probablement servi lors de phases d'allumage.

La fréquence élevée de charbons d'aspect mat renvoie à des combustions aérobies potentiellement des installations de type « foyers ouverts ».

Les calculs de l'indice de concentration de Pareto sur les différents ensembles indiquent des compositions proches de l'équilibre naturel des formations végétales, traduisant des ramassages peu sélectifs, de type « tout venant ».

L'ensemble de ces éléments plaide en faveur d'une collecte opportuniste du combustible, sans objectif technique spécifique, compatible avec des pratiques relevant du contexte domestique.

Il n'est donc pas possible de mettre en évidence un choix particulier de combustible en lien avec le contexte funéraire (aucune espèce allochtone, symbolique ou dégageant une odeur particulière n'a été identifiée).

Ces charbons ont pu être associés aux activités funéraires ; toutefois, rien ne permet de les distinguer clairement d'un usage strictement domestique. Ils pourraient tout aussi bien correspondre à des rejets issus de combustions domestiques, qui se seraient retrouvés secondairement mêlés au sédiment ayant servi au comblement des tombes.

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.

DUFRAISSE A., GARCIA MARTINEZ M.-S., 2011 - Mesurer les diamètres du bois de feu en anthracologie. Outils dendrométriques et interprétation des données. *ANTHROPOBOTANICA*, 2, 16p.

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

GAUDIN L., 2004 - *Les transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléo-paysagères*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 2 tomes, 768 p.

MARCOUX N., 2009 - Les bois utilisés comme combustible dans l'atelier gallo-romain de réduction du minerai de fer in SARRESTE F., *Archéologie dans le Silléen*, Rapport d'opérations archéologiques programmées. Roche-Brune (Pezé-le-Robert, Sarthe). p. 20-39.

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

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

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

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

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.

PARADIS S. 2007 – *Étude dendro-anthracologique : une approche méthodologique pour l'étude du calibre des bois*. Mémoire de Master 2, université de Dijon, 64 p.

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

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

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

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

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

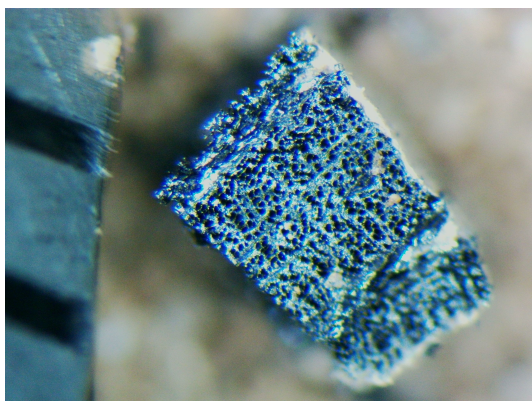


Fig. 34 – Fragment de cornouiller (*Cornus sp.*) de courbure de cerne forte à intermédiaire. Coupe transversale. Grossissement x43. Prélèvement n°2025-081-068. L'échelle représente des millimètres.

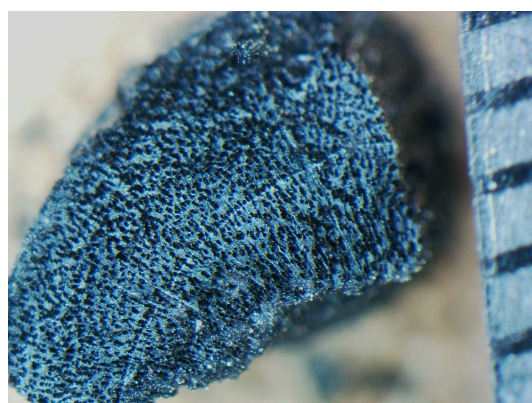


Fig. 35 – Fragment de bouleau (*Betula sp.*) de forte courbure de cerne. Coupe transversale. Grossissement x18. Prélèvement n°2025-081-56. L'échelle représente des millimètres.

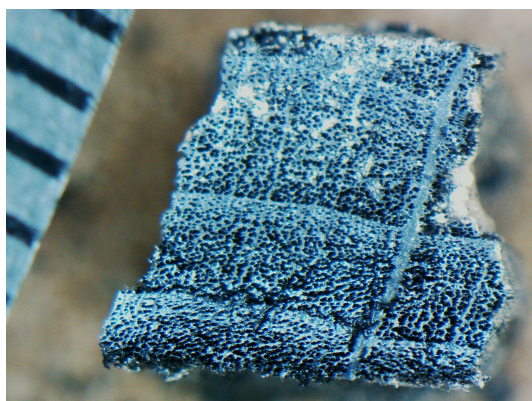


Fig. 36 – Fragment de hêtre (*Fagus sylvatica*) de courbure de cerne intermédiaire. Coupe transversale. Grossissement x17. Prélèvement n°2025-081-56. L'échelle représente des millimètres.



Fig. 37 – Graine carbonisée (indéterminée). Grossissement x18. Prélèvement n°2025-081-068. L'échelle représente des millimètres.