



ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSE DES FRAGMENTS CHARBONNEUX PRÉLEVÉS
LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE DU SITE « LES
FRAUDES » À SANDILLON (45).**

OPÉRATION 45.300.065 AP



Conseil Départemental du Loiret

Rapport d'étude anthracologique

Mars 2021

**Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération
archéologique du site « Les Fraudes » à Sandillon (45).**

Opération 45.300.065 AP.

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

membre associé à l'UMR 6566 CReAAH et
chargé de cours l'Université de Rennes 1

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Mars 2021

Illustration de la page de couverture :

Fragment de chêne (Quercus sp.), vue en coupe transversale montrant une forte courbure de cerne sous loupe binoculaire grossissement x10 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement n°8 (Comblement de la structure EA 1023, US 10072).

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	7
2.1. Équipement d'observation.....	7
2.2. Méthodologie.....	8
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	13
2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration ».....	15
2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	17
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....	19
3.1. Prélèvement n°12, comblement de la fosse EA 1017 (US 10081).....	19
a. Résultats.....	19
b. Interprétations	20
3.2. Prélèvement n°8, comblement de la fosse EA 1023 (US 10072).....	22
a. Résultats.....	22
b. Interprétation.....	22
3.3. Prélèvement n°24, comblement de la fosse EA 1033 (US 10146).....	23
a. Résultats.....	23
b. Interprétation.....	23
3.4. Prélèvements n°23 (US 10141) et n°33 (US 10161), comblement de la fosse EA 1093	25
a. Résultats.....	25
b. Interprétation.....	25
3.5. Prélèvement n°20 (US 10096), comblement de la fosse EA 1098	26
a. Résultats.....	26
b. Interprétation.....	26
3.6. Prélèvement n°18 (US 10131), comblement de la fosse EA 1099	27
a. Résultats.....	27
b. Interprétation.....	27
4. BILAN.....	28
5. BIBLIOGRAPHIE.....	32
6. ANNEXE – Photographies.....	34

INTRODUCTION

La commune de Sandillon est située à une vingtaine de kilomètres au sud-est d'Orléans. Le tracé de la future route traverse le Val de Loire. La fouille, faisant 3000 m², concerne un segment routier situé dans le lit majeur de La Loire, sur les communes de Jargeau et Darvoy. La fouille concernait un habitat de l'Âge du Bronze et quelques traces d'occupations de la période antique.

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés à l'intérieur des comblements de six fosses attribuées au Bronze final III, probables « fosses dépotoirs » situées à proximité de zones d'habitats (Fig. 35).

L'étude anthracologique a pour but de préciser différents questionnements sur l'environnement naturel dans lequel s'inscrit le site : quelles sont les essences disponibles à proximité du site et quelles sont celles qui ont été mises en œuvres dans la construction de bâtiments ? En effet les comblements des fosses EA 1017, EA 1093 et EA 1099 ont livré un abondant volume de terre crue rubéfiée qui s'avèrent être des éléments de murs en torchis. Il semble donc que les fosses aient été comblées avec des rejets de bâtiments ayant subi des incendies. Il serait donc possible que les charbons de bois accompagnant ces fragments de mur en torchis soient tout ou en partie des restes de matériaux de construction.

Au regard du contexte archéologique et des premiers éléments d'interprétation du site, l'analyse a été menée en fonction de trois objectifs :

- Tenter de percevoir l'origine des rejets de charbons. A-t-on affaire à des restes de combustible ou de bois d'œuvre (des restes de torchis ont été observés à l'intérieur des comblements),
- tenter de caractériser la qualité du combustible utilisé sur le site. En déduire si les assemblages ont fait l'objet de sélections (ex. essences ou calibres particuliers), s'ils sont plutôt caractéristiques d'usages domestiques ou artisanaux,
- caractériser les boisements qui existaient dans les aires de ramassage.

Cette opération a été menée par le service d'archéologie préventive du Loiret. La fouille ci-présente a été dirigée par M. Estur. L'étude a été commandée par le service avec l'accord de son directeur, M. Morin.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les restes anthracologiques proviennent de sept prélèvements effectués à l'intérieur de six fosses (Fig. 35). Les prélèvements ainsi que quelques éléments d'interprétation sont listés dans le tableau suivant (Fig. 1).

Les charbons étudiés ont fait l'objet de tamisage selon des mailles de 2 mm et 0,5 mm.

L'ensemble des échantillons a été observé. 503 charbons ont été étudiés.

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE					
Commune :		Sandillon, 45300			
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		Sandillon – site "Les Fraudes"			
Année :		2020			
N° OA :		45.300.065 AP			
Resp. d'Op.		Emilien ESTUR			
Type d'opération :		fouille préventive			
Période d'analyse pressentie		Début 2021			
n° plv	US	Identifiant / Structure (fosse)	Description / type attendu	Période / date	Effectifs étudiés
12	10081	EA 1017	comblement de fosse riche en charbons de bois et en terre crue rubéfiée (restes de torchis?)	Bronze final III	90
8	10072	EA 1023	comblement homogène mais assez riche en charbons de bois de cette fosse	Bronze final III	70
24	10146	EA 1033	comblement de fosse	Proto indet.	70
23	10141	EA 1093	comblement supérieur de la fosse	Bronze final III	70
33	10161		comblement inférieur de la fosse		70
20	10096	EA 1098	comblement de la fosse, riche en charbon de bois et en terre crue rubéfiée (restes de torchis?)	Bronze final III	73
18	10131	EA 1099	comblement de la fosse, riche en charbon de bois et en terre crue rubéfiée (restes de torchis?)	Bronze final III	60
					503

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 ».

Cette technique est peu pertinente pour les compositions anthracologiques de faibles diversités, ce qui est le cas des prélèvements étudiés. En effet, pour l'ensemble des prélèvements, on compte au maximum trois taxons par prélèvement.

Pour exemple la courbe « effort-rendement » réalisée pour le prélèvement n°12 (comblement de la fosse EA 1017, US 10081), prélèvement comprenant trois taxons pour 90 charbons observés, montre un seuil compris entre 20 et 40 charbons (Fig. 3). Ce seuil a systématiquement été atteint lorsque le nombre de charbons présents à l'intérieur des prélèvements était suffisant.

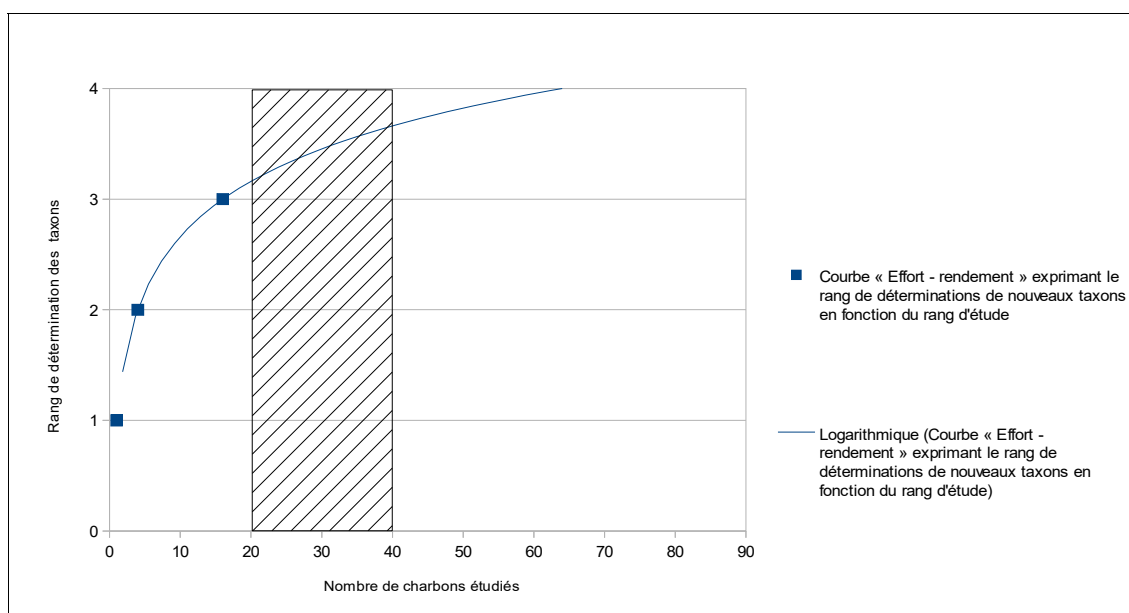


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°12 (EA 1017, US 10081). Dans cet exemple, le troisième taxon (*Acer sp.*) a été observé au rang 16 et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 20 et 40 charbons.

Les indicateurs calculés à partir des courbes « effort-rendement » sont basés 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 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 jusqu'à environ 500 charbons.

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.

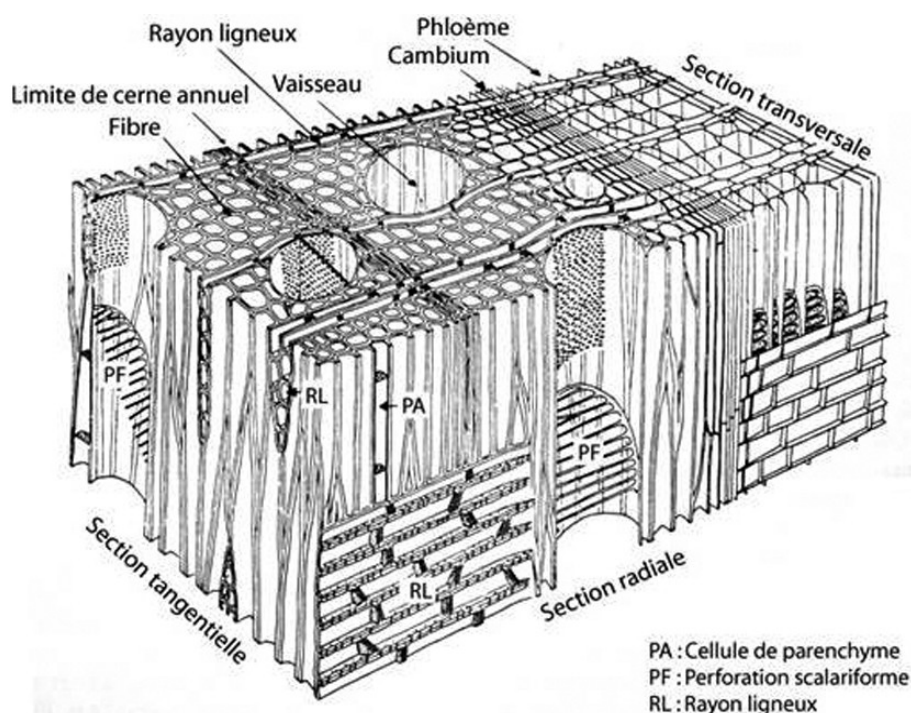


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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 :

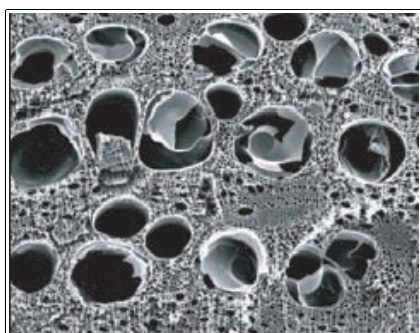
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- **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**

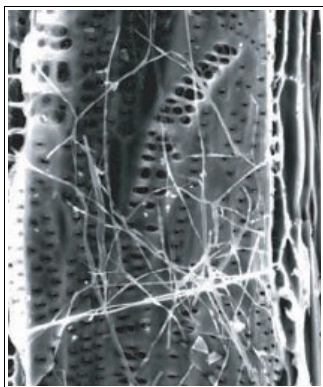
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne 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 – Thylles dans du duramen carbonisé de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

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



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

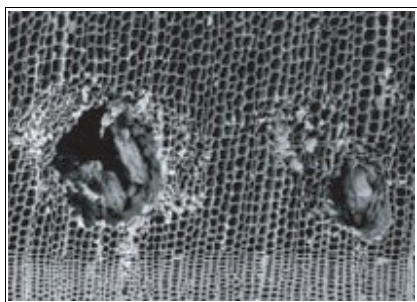
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

- 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). Selon H. Seignac (Nicolas *et al.*, 2013), la vitrification demeure un phénomène qui n'a jamais été reproduit en contexte expérimental mais on retrouve des charbons vitrifiés dans deux types de structures : les fours de réduction et les charbonnières. Elle reste un phénomène complexe, dépendant à la fois de la nature du combustible (bois vert ou sec, calibre, essence) et de son contexte de combustion (température, degré d'oxygénation).

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

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

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

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

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

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

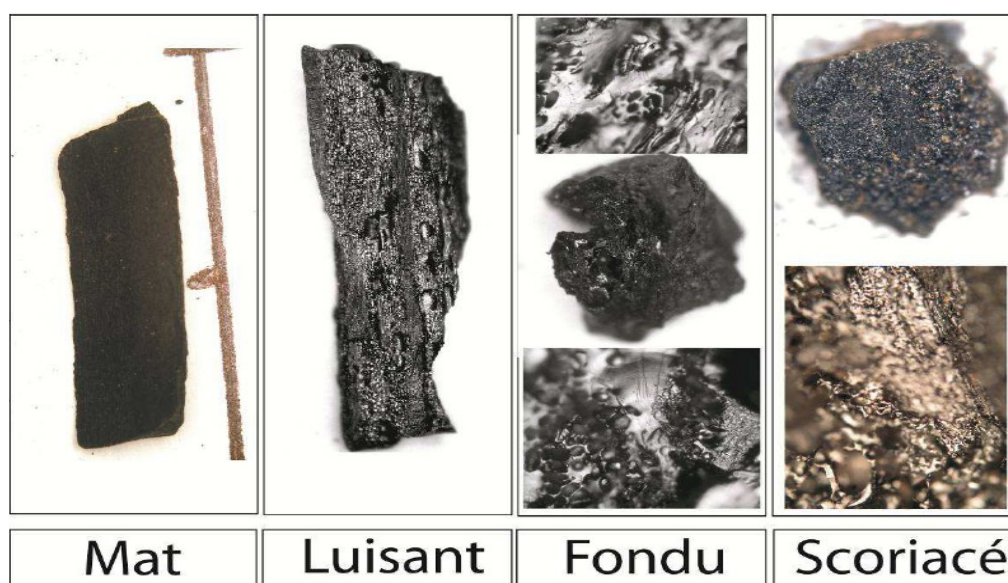
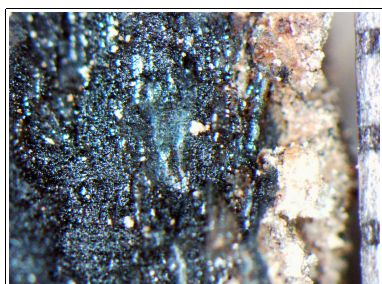


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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.

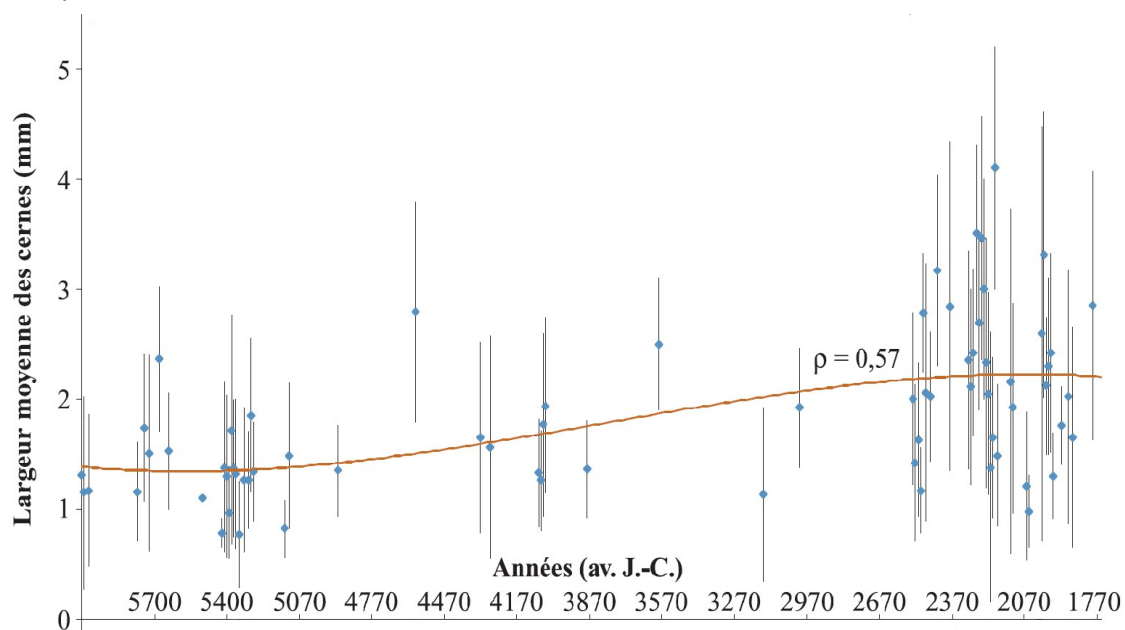


Fig. 11 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie et al., 2010).

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, recherche du diamètre des arbres utilisés : Mesures des calibres

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

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

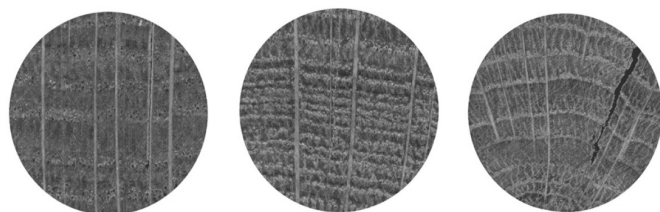


Fig. 12 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration »

La technique dite de « calibration » a pour objectif d'estimer le diamètre minimum des arbres. Cette approche permet de mesurer les calibres minimum à partir de l'angle que forment les rayons ligneux entre eux. Il est ensuite possible de les répartir dans chacune des classes de calibre de façon à mieux appréhender les calibres réellement utilisés (Dufraisse *et al.*, 2011).

La mesure des calibres s'effectue à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image. Une loupe binoculaire équipée d'une caméra et couplée à un ordinateur permet la capture de l'image du charbon à mesurer. Les grossissements 7x à 40x ont été utilisés.

Selon N. Marcoux (2009), la capture est à effectuer sur la partie la plus externe du charbon de façon à estimer au mieux son calibre. Deux droites correspondant à des rayons ligneux sont dessinées : d1 et d2 (Fig. 13). Si la marge extérieure du charbon suit la courbure des cernes, une droite d est tracée entre les points de croisement des droites d1 et d2 et la bordure du charbon. La distance d et l'angle a formé par les deux droites d1 et d2 sont les données utilisées dans le calcul trigonométrique basé sur le sinus (Fig. 13).

Dans ces exemples, il est préconisé d'utiliser la marge extérieure du charbon de bois de façon à estimer au mieux son calibre. Il s'avère parfois que dans cette partie, les rayons ligneux présentent une déviation liée vraisemblablement à une déformation du charbon. Dans ce cas, il est plus judicieux d'effectuer les mesures dans une partie saine du charbon et d'ajouter ensuite au rayon la distance entre le lieu de ces mesures et la marge externe du charbon.

Il est important de noter que les expérimentations ayant pour but de vérifier la méthode de mesures et de répartition des calibres ont montré que les calibres les plus gros sont sous-représentés dans les résultats (Paradis S., 2007) d'une part parce que les parties périphériques des bûches sont davantage consommées, diminuant l'effectif des restes carbonisés de ces calibres, et d'autre part parce que le bois se rétracte au moment de la combustion, diminuant d'autant le diamètre.

Ces mesures nécessitent des analyses d'images qui ont été réalisées au laboratoire ArkéoMap sous stéréomicroscope Olympus (SZX7).

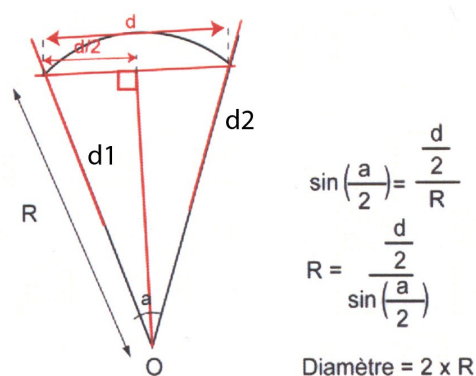


Fig. 13 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

Par la suite, c'est la fréquence des effectifs des rayons obtenus qui va permettre d'estimer le rayon des arbres utilisés. En toute logique, les charbons les plus à l'extérieur (et donc avec les plus fortes positions radiales calculées) sont aussi les plus nombreux. (Cf. Fig. 14, principe des histogrammes de fréquences, selon Dufraisse *et al.*, 2011). Le rayon de l'arbre pourra ainsi être estimé en prenant la classe de diamètre maximale.

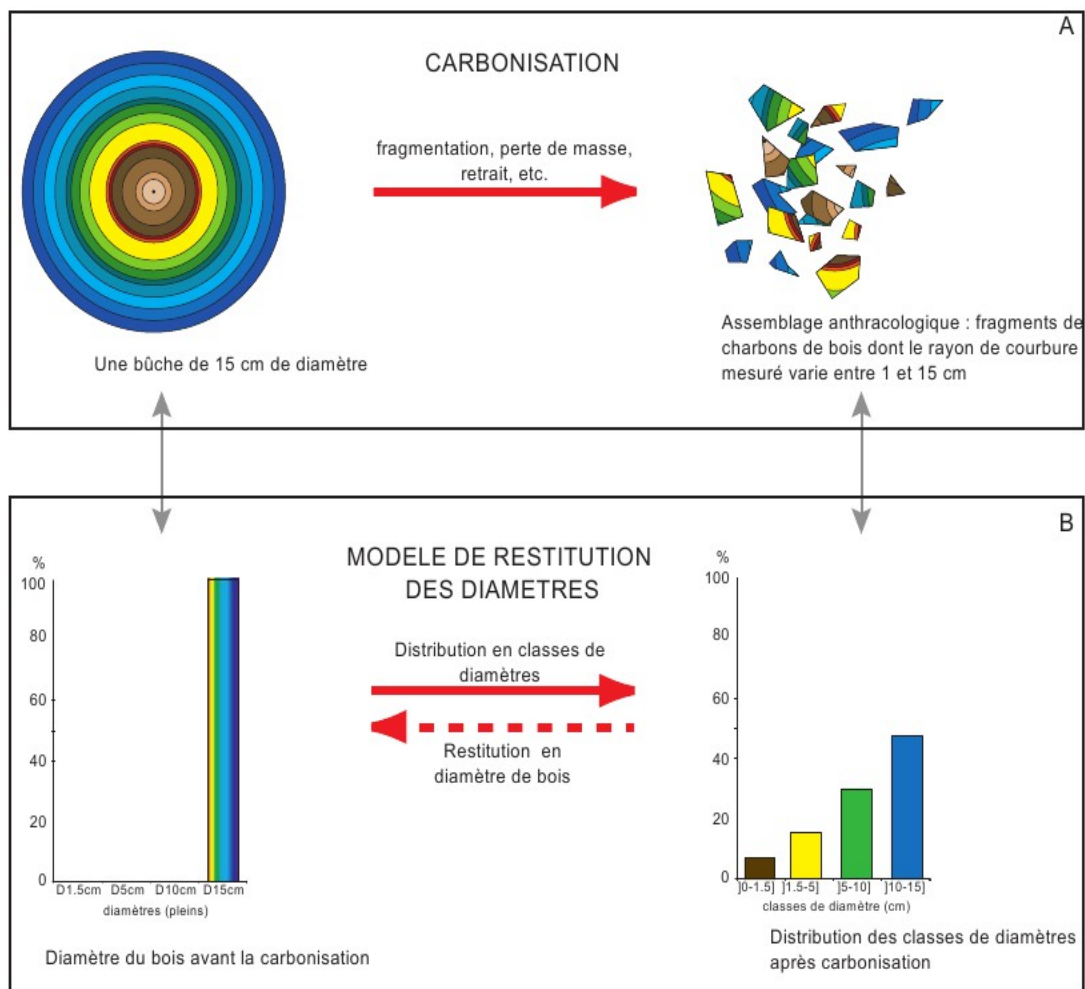


Fig. 14 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

Remarque : Dans le cadre de cette étude, la quasi-totalité des fragments provient à de bois de petit calibre, et bien souvent il a été possible d'identifier le centre de la tige (moelle). Dans ce cas, nous avons directement mesuré le rayon du fragment dans sa longueur maximale.

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

L'étude a permis de déterminer trois taxons anthracologiques. La composition taxonomique des ensembles étudiés doit être interprétée en tenant compte de choix particuliers de combustibles. En effet, la richesse taxonomique 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.

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.*).

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.

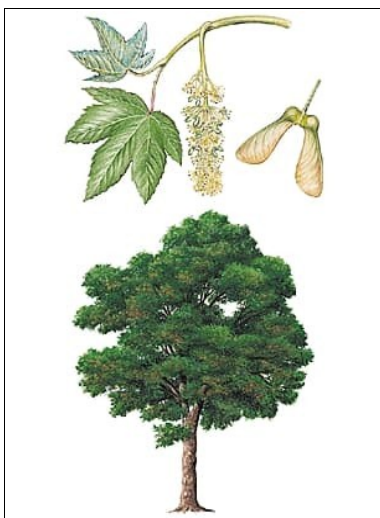


Fig. 15 - Représentation de l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les résultats sont présentés par structure de provenance.

3.1. Prélèvement n°12, comblement de la fosse EA 1017 (US 10081)

a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informé solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux - indet.	Thylle
Acer sp.	5	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0
Quercus/Castanea	26	0	3	3	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0
Quercus sp.	48	1	24	4	20	0	2	1	9	0	0	0	1	6

Fig. 16 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 10081 (Fosse EA 1017).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	1	2	0,87	0	0,87	0,87
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	19	53	1,22	0,83	0,3	3,43

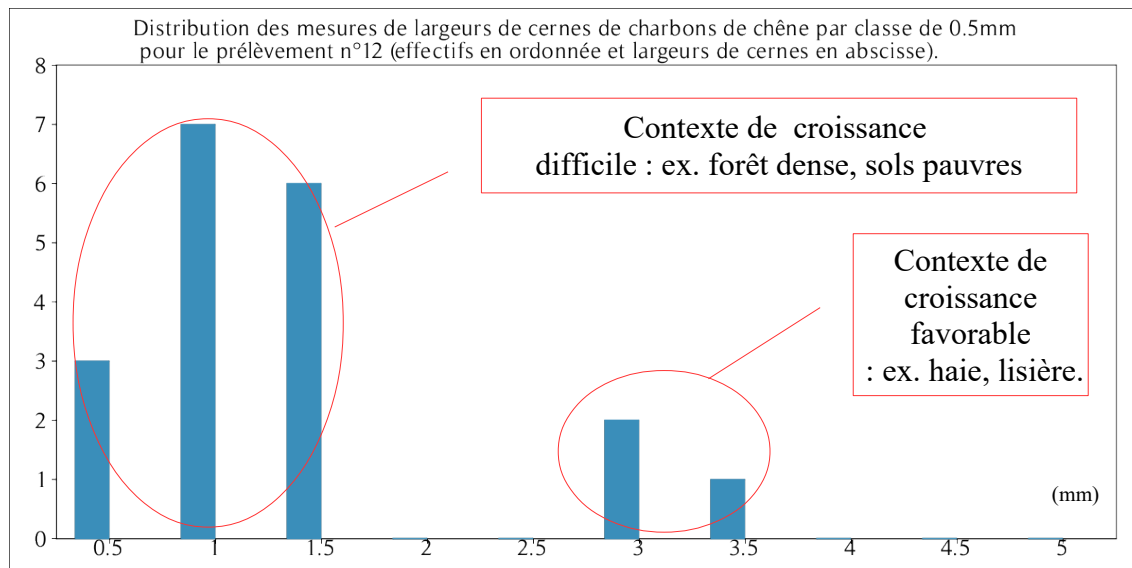


Fig. 17 – Tableau des mesures et histogramme de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°12 (Fosse EA 1017).

b. Interprétations

Trois taxons ont été identifiés dans ce prélèvement. Par ordre d'importance on constate des charbons de chêne (*Quercus sp.*), de chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*) et d'érable (*Acer sp.*). Notons que l'hypothèse de la présence du châtaignier est peu probable (cf. note à ce sujet chapitre 2.5.)

L'observation des courbures de cerne montre une majorité de fragments provenant de bois de moyen calibre (courbures intermédiaires : petites et moyennes branches) pour le chêne. En revanche, les charbons d'érable (*Acer sp.*) semblent provenir uniquement de petites branches (les courbures des cernes sont fortes).

L'ensemble charbonneux ne montre pas d'aspects particuliers (luisants / fendus ...), nous avons donc probablement affaire à des restes issus d'une combustion de bois secs, en conditions « ouvertes ».

Au regard de cette composition peu diverse, il est difficile de déduire des hypothèses sur l'origine du bois brûlé.

L'absence du cortège des bois tendres typique des bois d'allumage (ex. noisetier, bouleau, saule, peuplier...) permet raisonnablement d'écarter l'hypothèse de rejets de combustion de type « foyer domestique ».

L'identification de deux essences qualifiées de bois durs (peut-être à un degré moindre pour l'érable) accrédirait plutôt l'hypothèse de restes de bois d'œuvre. Le calibre assez modeste des bois pourrait être assez cohérent avec un assemblage de type « clayonnage ».

Plusieurs « galeries » ont été observées sur les charbons d'érable (Fig. 18). Même si cela reste à confirmer (seulement cinq fragments ont été observés), il pourrait s'agir de galeries de xylophages. Cet indice viendrait appuyer l'hypothèse de restes de bois d'œuvre souvent davantage exposés à l'attaque de ces insectes.

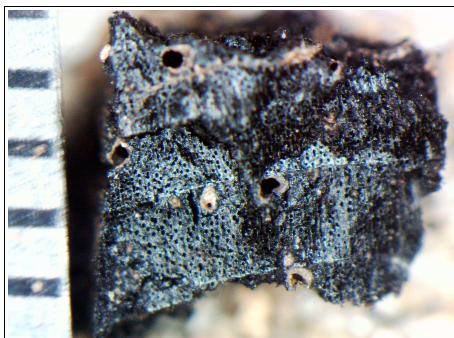


Fig. 18 – Vue en coupe transversale d'un fragment d'érable (*Acer sp.*) montrant plusieurs galeries (grossissement x17).

On note aussi l'observation de quelques restes de « terre crue rubéfiée » (couleur orangée) mêlés avec les restes charbonneux, ce qui tendrait là aussi à renforcer l'hypothèse des restes de matériaux de construction.

Toutefois, l'hypothèse de restes de combustibles sélectionnés pour une activité spécifique et qui aurait nécessité l'utilisation de combustible de qualité ne peut être totalement exclue. Rappelons que le chêne et l'érable sont aussi réputés être de bons combustibles (Rameau *et al.*, 1989).

Quelques fragments de chêne ont pu faire l'objet de mesures de largeurs de cernes (Fig. 17). La moyenne obtenue (1,22 mm / an) est assez faible, avec toutefois un écart-type assez important (0,87 mm). L'histogramme des valeurs montre une distribution bimodale indiquant probablement deux sources d'approvisionnements différents (Fig. 17). On peut supposer un ramassage dans un boisement dense (cela concerne la majorité des fragments avec des valeurs centrées autour de 1mm/an) et un ramassage dans un milieu plus favorable à la croissance des arbres (ex. milieu ouvert : haie, lisière).

3.2. Prélèvement n°8, comblement de la fosse EA 1023 (US 10072)

a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	28	0	0	4	0	0	1	2	0	0
Quercus sp.	37	0	14	9	9	0	0	2	3	2

Fig. 19 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°8, US 10072 (Fosse EA 1023).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	7	14	1,63	0,67	0,94	2,67

Fig. 20 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°8 (Fosse EA 1023).

b. Interprétation

Seulement deux taxons anthracologiques ont été identifiés dans ce prélèvement, il s'agit de fragments de chêne (*Quercus sp.*) et de chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

Les fragments proviennent majoritairement de bois de moyen à petit calibre (courbures des cernes intermédiaires). Quelques mesures d'angles effectuées sur les plus « gros » fragments ont permis d'estimer quelques diamètres minimum (mesures non exhaustives) entre 2 et 3 cm.

Les charbons ne montrent pas d'aspects particulièrement luisants ou fendus (seulement 10% des fragments montrent un aspect luisant). Comme pour la composition du prélèvement n°12, on peut supposer que les charbons proviennent de bois de branches ayant brûlés à l'état sec et dans des conditions relativement « ouvertes ».

L'absence d'attestations de bois tendres, généralement utilisés comme bois d'allumage, tend à écarter l'hypothèse de rejets de combustion de type « foyer domestique ». En revanche, le caractère monospécifique de l'ensemble charbonneux, qui plus est du chêne réputé pour ses qualités de solidité, accrédite plutôt l'hypothèse de bois d'œuvre (de type clayonnage?).

Des mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur quelques fragments de chêne permettant de calculer une moyenne de l'ordre de 1,63 mm / an (Fig. 20). Cette valeur est caractéristique de contextes de croissance assez difficiles, peut-être un environnement contraignant (sols pauvres, mal exposés) ou bien soumis à des compétitions inter- ou intraspécifiques vis-à-vis des ressources naturelles (ex. un boisement dense).

3.3. Prélèvement n°24, comblement de la fosse EA 1033 (US 10146)

a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Moelle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux - indet.	
Indéterminé	19	0	0	1	0	0	1	0	4	0	1	4	6	0
Quercus/Castanea	36	0	2	8	0	0	3	0	24	0	2	6	0	1
Quercus sp.	15	0	3	2	0	0	0	1	12	0	2	0	0	0

Fig. 21 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°24, US 10146, (comblement de fosse EA 1033).

b. Interprétation

70 charbons ont été étudiés pour ce lot. Il s'agit exclusivement de fragments de chêne (*Quercus sp.*) et de chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

L'observation des courbures de cerne indique des fragments provenant de bois de petit et moyen calibre (les courbures des cernes sont fortes et intermédiaires). Les mesures d'angles effectuées sur quelques fragments ont permis d'estimer des diamètres minimum (mesures non exhaustives) compris entre 3 et 4 cm.

La particularité de cet ensemble charbonneux réside dans l'aspect des charbons très souvent « fendu-luisant » (dans plus de 50% des cas) et dans une moindre mesure « fondu, très brillant » (Fig. 21 et 22).

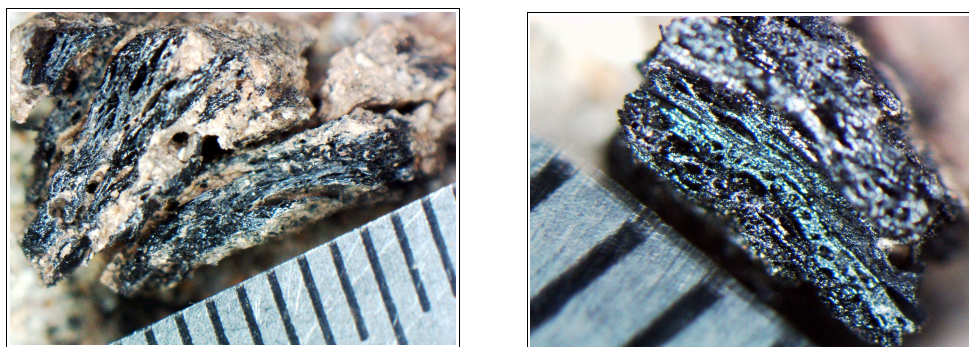


Fig. 22 – Exemples de fragments de chêne d'aspect « fendu-luisant ». Image de gauche, vue en coupe transversale d'un fragment présentant un forte courbure de cerne (grossissement x8). Image de droite, vue en coupe transversale d'un fragment présentant une courbure de cerne intermédiaire (grossissement x25). Les échelles représentent des millimètres.

L'aspect luisant correspond à un premier niveau de vitrification. Il est probable que le phénomène ait été favorisé par le petit calibre du bois (Oilic, 2011), mais probablement aussi par un contexte de combustion réducteur (contexte fermé) et de fortes températures (Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011). On peut par exemple évoquer des contextes de « fond de foyer », pourquoi pas aussi du bois d'œuvre englobé dans des murs (de type clayonnage?).

Les fentes de retrait (aspect fendu) caractérisent des bois brûlés à l'état vert ou partiellement sec.

D'un point de vue fonctionnel, le caractère monospécifique (chêne) de l'ensemble en plus de l'observation régulière de petits restes de terres crues rubéfiées appuie de nouveau l'hypothèse de restes de bois d'œuvre (de type clayonnage servant d'armature à un torchis?). Toutefois, pour ce prélèvement l'aspect « fendu-luisant » d'une grande partie des charbons indique un type de combustible (bois encore vert) et un processus de combustion (contexte anaérobie) différents.

3.4. Prélèvements n°23 (US 10141) et n°33 (US 10161), comblement de la fosse EA 1093

a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud
Plv 23 – maille de 2 mm	Graine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	25	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0
	Quercus sp.	23	0	3	6	1	0	0	3	0	0	0
Plv 23 – maille de 0,5 mm	Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Quercus sp.	8	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1

Fig. 23 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°23, US 10141, (comblement supérieur de fosse EA 1093). Deux sous-échantillonnages ont été traités en fonction de deux mailles de tamisage (2 mm et 0,5 mm).

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	
Indéterminé	19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0
Quercus/Castanea	25	0	0	3	0	0	0	2	0	0	2	1
Quercus sp.	26	0	6	4	3	0	0	7	4	0	0	2

Fig. 24 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°33, US 10161, (comblement inférieur de fosse EA 1093).

b. Interprétation

Le comblement de la fosse EA 1093 a fait l'objet de deux prélèvements en stratigraphie : le prélèvement n°23 correspond à la partie supérieure (US 10141), le prélèvement n° 33 à la partie inférieure (US 10161) du comblement.

Les deux lots montrent des compositions anthracologiques assez semblables.

L'ensemble des charbons étudiés correspond à du bois de chêne (*Quercus sp.*) ou de chêne-châtaignier (*Quercus sp.* - *Castanea sp.*).

On constate dans les deux prélèvements des charbons montrant des courbures de cernes fortes à intermédiaires indiquant l'utilisation de bois de petites branches. Quelques mesures de calibration ont été réalisées sur des charbons du prélèvement n°23 permettant d'estimer des diamètres minimum de l'ordre de 5 à 6 cm (mesures non exhaustives).

On observe un aspect luisant sur quelques éléments (environ 15% pour le prélèvement n°33) mais cela pourrait davantage résulter d'effets locaux à l'intérieur de la combustion (ex. fond de foyer, bois englobé dans du sédiment).

Notons que le prélèvement n°23 a été sous-échantillonné en deux lots : les fragments supérieurs à 2 mm et ceux compris entre 2 et 0,5 mm. L'étude de ces deux fractions ne révéla aucune différence notable.

D'un point de vue fonctionnel, le caractère monospécifique des charbons identifiés (exclusivement chêne, chêne-châtaignier), le petit calibre des bois utilisés, en plus de l'observation de petits fragments de terre crue rubéfiée, appuient de nouveau l'hypothèse de restes de bois d'œuvre.

3.5. Prélèvement n°20 (US 10096), comblement de la fosse EA 1098

a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform
Plv 20 – maille de 2 mm	frag. de brindille indéterminé	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
	Quercus/Castanea	19	0	0	5	0	0	1	6	3	0	1	0
	Quercus sp.	23	0	4	9	6	0	1	3	8	0	2	0
Plv 20 – maille de 0,5 mm	Quercus/Castanea	18	0	0	1	0	0	0	6	1	0	0	1
	Quercus sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 25 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°20, US 10096. Deux sous-échantillonnages ont été traités en fonction de deux mailles de tamisage (2 mm et 0,5 mm).

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	4	1,8	0,5	1,38	2,35

Fig. 26 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°20 (Fosse EA 1098).

b. Interprétation

73 charbons ont été observés pour ce prélèvement. Une fois de plus, il s'agit exclusivement de fragments de chêne (*Quercus sp.*) et de chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

L'observation des courbures de cerne indique que la plupart des fragments proviennent de petites branches (fortes courbures de cerne), voire de brindilles.

Une proportion importante de charbons montre des aspects luisants (environ 40%) à mettre en relation avec un premier niveau de vitrification. Il est probable que le phénomène ait été favorisé par le petit calibre du bois utilisé (Oilic, 2011), mais il faut aussi évoquer de possibles combustion en contexte chaud et anaérobie (Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011) comme des fonds de foyers, mais pourquoi pas aussi de bois d'œuvre (de type clayonnage) englobé dans du torchis qui se serait consumé plus ou moins à l'abri de l'oxygène ?

A noter que l'étude des deux ensembles anthracologiques (charbons supérieurs à 2 mm et compris entre 2 et 0,5 mm) n'a pas montré de différence significative.

Quelques fragments de chêne ont pu faire l'objet de mesures de cernes (Fig. 26). La moyenne obtenue (1,8 mm / an) indique des contextes de croissances assez contraignants (ex. boisement dense, sols pauvres).

3.6. Prélèvement n°18 (US 10131), comblement de la fosse EA 1099

a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform
Plv 18 – maille de 2 mm	Indéterminé	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Quercus/Castanea	7	0	0	2	0	1	0	3	1	0	0	0
	Quercus sp.	18	0	6	4	1	1	0	7	4	0	0	0
Plv 18 – maille de 0,5 mm	Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	Quercus/Castanea	18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Quercus sp.	9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Fig. 27 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°18, US 10131. Deux sous-échantillonnages ont été traités en fonction de deux mailles de tamisage (2 mm et 0,5 mm).

b. Interprétation

Deux taxons anthracologiques ont été identifiés dans ce lot. Comme pour les prélèvements précédents, il s'agit de fragments de chêne (*Quercus sp.*) et de chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

Au regard des courbures des cernes observées, ce sont plutôt des fragments provenant de bois de petit et moyen calibre qui ont été utilisés.

Une faible proportion des charbons montre des aspects luisants (environ 30%), que l'on peut associer à des processus de vitrification. Il faut de nouveau évoquer le petit calibre des bois utilisés mais aussi des contextes de combustion chauds et anaérobies locaux pour expliquer le phénomène (ex. fonds de foyers, restes de bois d'œuvre englobé dans du torchis).

Deux ensembles charbonneux correspondant à des gammes de tailles différentes (fragments supérieurs à 2 mm et compris entre 2 et 0,5mm) ont été constitués lors du tamisage. L'analyse de ces deux ensembles n'a pas permis de détecter de différences significatives (taxons identiques, calibres et aspects semblables).

4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Plus de 500 fragments ont été observés pour l'ensemble des prélèvements (Fig. 1). La plupart des compositions anthracologiques sont assez semblables (Prélèvements n°12, n°8, n°23, n°33, n°20 et n°18). Seul, l'ensemble charbonneux du lot n°24 semble correspondre aux rejets d'une combustion un peu différente avec l'utilisation probable de bois vert.

Tableaux récapitulatifs :

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Lot n°12 Fosse EA1017 Lot n°8 Fosse EA1023 Lot n°23 Fosse EA1093 Lot n°33 Fosse EA1093 Lot n°20 Fosse EA1098 Lot n°18 Fosse EA1099 (6 prélèvements)	chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>), érable (<i>Acer sp.</i>)	Restes de bois d'œuvre de type « clayonnage » Des charbons de chêne et chêne-châtaignier ont systématiquement été identifiés pour les six prélèvements. Des fragments d'érable (<i>Acer sp.</i>) ont en plus été observés uniquement dans le prélèvement n°12. Les fragments observés montrent des courbures de cernes fortes à intermédiaires, ils correspondent donc à de petites branches. Des estimations de rayons ont pu être effectuées lorsque les fragments étaient suffisamment gros ou lorsque la moelle et l'écorce étaient à la fois visibles. Ces mesures permettent d'estimer des diamètres minimum de l'ordre de 2 à 6 cm (mesures non exhaustives). L'absence d'attestations de bois tendres, généralement utilisés comme bois d'allumage (ex. noisetier, bouleau, saule...), tend à écarter l'hypothèse de rejets de combustion de type « foyer domestique ». En revanche, le caractère souvent monospécifique des ensembles charbonneux, la détection systématique du chêne mais aussi l'utilisation de l'érable, réputés pour leurs qualités de solidité (ce sont des bois durs) accrédite plutôt l'hypothèse de bois d'œuvre. Le calibre assez modeste des bois pourrait être assez cohérent avec un assemblage de type « clayonnage », voire de petits éléments de charpente. La proportion des charbons montrant des aspects luisants est assez différente d'un prélèvement à l'autre (de 10% pour le lot n°8 à 40% pour le lot n°20). Cet aspect correspond à un premier niveau de vitrification. Il est probable que le phénomène ait été favorisé par le petit calibre du bois utilisé, mais il faut aussi évoquer de possibles contextes de combustion chauds et anaérobies locaux. On peut par exemple évoquer des fonds de « foyers lors d'incendies », mais pourquoi pas aussi du bois d'œuvre (de type clayonnage) englobé dans du torchis qui se serait consumé plus ou moins à l'abri de l'oxygène ?	Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>, <i>Acer sp.</i> Boisement ouvert, lisière, haie : <i>Acer sp.</i> Mesures de largeurs de cernes : lot n°12 : Moy. = 1,22 mm (N=19 ; Ec-type = 0,83 mm) lot n°8 : Moy. = 1,63 mm (N=7 ; Ec-type = 0,67 mm) lot n°20 : Moy. = 1,8 mm (N=3; Ec-type = 0,5 mm) Les moyennes constatées correspondent à des contextes de croissance globalement difficiles (boisements denses, sols pauvres). A noter une collecte en milieu plus favorable (haie, lisière?) pour le lot n°12.

Fig. 28 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour les prélèvements n°8, n°12, n°18, n°20, n°23 et n°33.

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Lot n°12 Fosse EA1033 (1 prélèvement)	chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne- châtaignier (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sp.</i>)	Combustion indéterminée de bois à l'état vert, restes de clayonnage (?) L'observation des courbures de cerne indique des fragments provenant de bois de petit et moyen calibre (les courbures des cernes sont fortes et intermédiaires). Les mesures d'angles effectuées sur quelques fragments ont permis d'estimer des diamètres minimum compris entre 3 et 4 cm (mesures non exhaustives). La particularité de cet ensemble charbonneux réside dans l'aspect des charbons très souvent « fendu-luisant » (dans plus de 50% des cas) et dans une moindre mesure « fondu, très brillant ». L'aspect luisant correspond à un premier niveau de vitrification. Il est probable que le phénomène ait été favorisé par le petit calibre du bois utilisé, mais probablement aussi par un contexte de combustion fermé et de fortes températures. On peut par exemple évoquer des contextes de « fond de foyer », pourquoi pas aussi du bois d'œuvre englobé dans des murs (de type clayonnage?). Les fentes de retrait (aspect fendu) caractérisent des bois brûlés à l'état vert ou partiellement sec. Le caractère monospécifique (chêne) de l'ensemble en plus de l'observation régulière de petits restes de terres crues rubéfiées appuie de nouveau l'hypothèse de restes de bois d'œuvre (de type clayonnage servant d'armature à un torchis?). Toutefois, <u>pour ce prélèvement l'aspect « fendu-luisant » d'une grande partie des charbons indique un type de combustible (bois encore vert) et un processus de combustion (contexte anaérobie) différents.</u>	Boisement de type chênaie (?) : <i>Quercus sp. Quercus sp. -Castanea sp.</i>

Fig. 29 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour le prélèvement n°24.

- Informations d'ordre environnemental

Seulement trois 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 usages du combustible, en besoin de matériaux de construction et aux aléas des aires de ramassages.

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

- les groupements forestiers de la **chênaie diversifiée** avec le chêne (*Quercus sp.*), le chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*), l'érable (*Acer sp.*), voire aussi de la **chênaie-hêtraie** avec le chêne (*Quercus sp.*) et l'érable (*Acer sp.*). Notons que le groupement de la chênaie-hêtraie correspond au groupement forestier typique de la période climatique du Subatlantique, largement détecté par la palynologie et majoritaire dans le nord de la France (Gaudin, 2004). L'étude palynologique prévue (en cours) pourra peut-être apporter des informations sur ce point.

Les mesures de largeurs de cernes réalisées sur les fragments de chêne de gros et moyen calibre ont permis de calculer des moyennes pour trois prélèvements (n°8, n°12 et n°20). Nous constatons systématiquement des valeurs moyennes inférieures à 2 mm / an. Ces valeurs correspondent à des croissances plutôt difficiles, en liaison avec des contextes abiotiques (ex. sols pauvres, météorologie,...) et/ou biotiques contraignants (compétition vis-à-vis des ressources, ex. chênaie dense).

– **Informations d'ordre technique :**

L'ensemble des prélèvements est composé uniquement de charbons de chêne (et chêne-châtaignier), seul le prélèvement n°12 permet en plus d'identifier de l'érable.

Ces deux essences peuvent être qualifiées de bois durs avec des densités volumétrique de l'ordre de 570 à 500 kg/ m3.

L'absence d'essences de bois tendre (ex. noisetier, bouleau, saule ...), généralement utilisées pour l'allumage des combustions, tend à écarter l'hypothèse de « foyers domestiques ». En revanche, le caractère monospécifique des ensembles charbonneux, qui plus est avec des essences de bois durs, accrédite plutôt l'hypothèse de restes de bois d'œuvre.

L'observation de petits morceaux de terre crue associés aux ensembles charbonneux semble aussi corroborer l'hypothèse de restes de matériaux de construction, peut-être de type « torchis ».

Les observations des courbures des cernes mais aussi des mesures de calibration (cf. chapitre 2.4.) ont permis de qualifier les bois utilisés, de petites branches, de diamètres minimums compris entre 2 et 6 cm.

Si l'on s'en tient à l'hypothèse de restes de bois d'œuvre, le calibre assez modeste des bois utilisés serait plutôt cohérent avec un assemblage de type « clayonnage ». On ne peut toutefois pas totalement exclure l'hypothèse de petits modules ayant servi d'éléments de charpente.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, on constate des proportions plus ou moins importantes de fragments montrant des aspects luisants (de 10 à 40% en fonction des prélèvements).

Le phénomène à l'origine de ces aspects n'est pas encore parfaitement compris. Il semble néanmoins que des contextes de combustion anaérobies et températures importantes soient favorables au processus de « vitrification ». Notons que la combustion de bois de petit calibre serait aussi un facteur favorisant cet aspect (Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011). Dans le cadre de cette étude, la proportion des charbons montrant un aspect luisant est cependant assez hétérogène.

La vitrification de certains fragments résultent probablement d'effets locaux à l'intérieur même des combustions.

L'hypothèse d'une combustion de clayonnages englobés dans un mur de type « torchis » est plausible. En effet, on peut supposer que la combustion d'une telle structure mêlant du bois et de la terre ait fourni des conditions d'oxygénation hétérogènes, entre des parties du clayonnage restées englobées dans le mur (offrant des conditions réductrices) et des parties en contact avec l'extérieur.

Il serait intéressant de confronter cette hypothèse à l'expérimentation.

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.

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, 16 p.

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.

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

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.

6. ANNEXE – Photographies

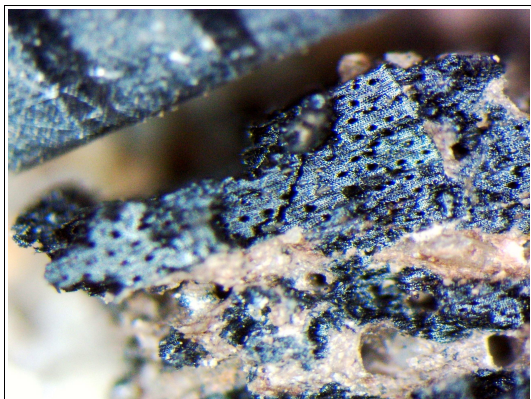


Fig. 30 – Fragment d'érable (*Acer sp.*). Coupe transversale. Grossissement x40. L'échelle représente des millimètres. Prélèvement n°12.



Fig. 31 – Sédiment mêlant des fragments de charbons et de terre crue (couleur orangé). Prélèvement n°24. Grossissement x5.



Fig. 32 - Fragment de brindille de chêne (*Quercus sp.*). Coupe transversale. Prélèvement n°20. Grossissement x18. L'échelle représente des millimètres.

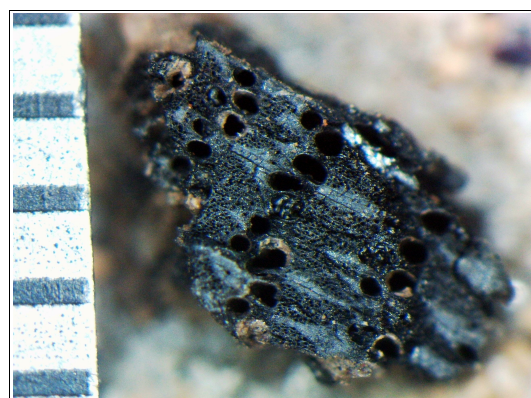


Fig. 33 – Fragment de chêne de courbure de cerne intermédiaire. Coupe transversale. Prélèvement n°12. Grossissement x19. L'échelle représente des millimètres.

