



ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES D'UN PRÉLÈVEMENT RÉALISÉ
LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE D'UNE OCCUPATION DE
LA TÈNE ANCIENNE, AU LIEU-DIT « LA MONTJOIE » SUR LA
COMMUNE D'YMONVILLE (28).**

OPÉRATION : OA 0613351



Institut National de Recherches Archéologiques Préventives

Novembre 2023

Institut National de Recherches Archéologiques Préventives

Analyses anthracologiques d'un prélèvement réalisé lors de l'opération archéologique d'une occupation de La Tène ancienne, au lieu-dit « La Montjoie » sur la commune d'Ymonville (28).

Opération : OA 0613351

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

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

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Novembre 2023

Illustration de la page de couverture :

Fragment de cornouiller (Cornus sp.), vue en coupe transversale, grossissement x16 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement n°1 F.218 (silo), US 1023.

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	14
2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration »	16
2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	18
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION	21
3.1. Prélèvement n°1, Silo F.218, US.1023.....	21
a. Résultats	21
b. Interprétations	22
4. BILAN	24
5. BIBLIOGRAPHIE	26
6. ANNEXE – Photographies	28

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors d'une opération archéologique préventive menée sur le site « La Montjoie » sur la commune d'Ymonville (28).

Les vestiges concernent une occupation de La Tène ancienne et plus particulièrement dans le cadre de cette étude anthracologique, des restes charbonneux retrouvés en fond de silo. Ce silo (F. 218) d'environ 3 mètres de diamètre, comportait de probables « reliquats du nettoyage d'un incendie ».

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 charbons : s'agit il de restes de combustibles ou de bois de construction (ex. partie de couverture, bois d'œuvre, restes constitutifs de bâtiments en torchis...),
- s'il s'agit de restes de combustibles, tenter de caractériser la qualité du bois utilisé. En déduire si les assemblages ont fait l'objet de sélections (ex. essences ou calibres particuliers), s'ils sont plutôt caractéristiques d'usages domestiques ou artisanaux,
- caractériser les boisements qui existaient dans l'aire de ramassage.

Cette opération a été menée par Eric Champault, responsable d'opération à l'INRAP.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Le prélèvement charbonneux a fait l'objet d'un tamisage effectué par le service archéologique (mailles de 2 mm).

Un peu plus de 70 fragments ont été observés pour ce prélèvement (Fig 1). La courbe « effort-rendement » montre que cet effectif peut être considéré comme représentatif de l'ensemble charbonneux au regard de la diversité taxonomique (Fig 2).

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE							
Commune :		Ymonville (28)					
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		La Montjoie					
Année :		2023					
N° OA :		OA 0613351					
Resp. d'Op., Interlocuteurs		E. Champault ; S. Lecuyer					
Type d'opération :		fouille préventive					
Période d'analyse pressentie		2023					
N° Prélèvements	TR	Structure	Nature du fait	US	Hypothèses de datation	Remarques, éléments d'interprétation et problématiques	Effectifs étudiés
1	104	F.218	Silo	1023	La Tène ancienne	Hypothèses de reliquats du nettoyage d'un incendie ; éléments de construction de bâtiment en torchis.	72
							72

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 le prélèvement étudié, une dizaine de taxons a été identifiée. La courbe effort-rendement montre un seuil situé entre 20 et 30 fragments (Fig. 2).

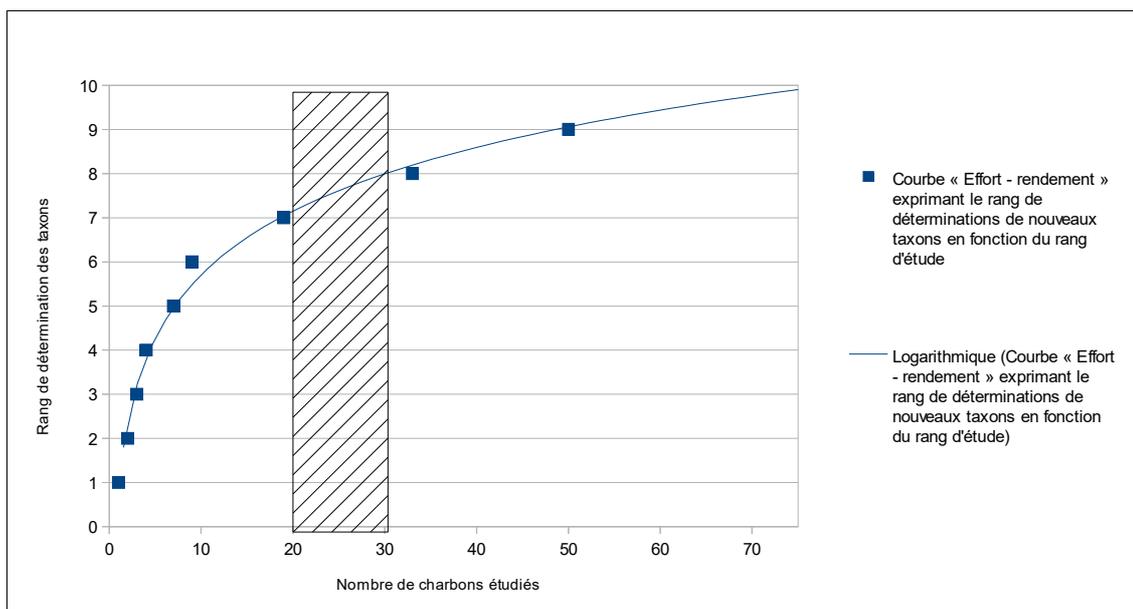


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement. Dans ce cas, le neuvième taxon identifié (*Quercus sp.*) a été observé au 50e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 20 et 30 charbons.

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 le prélèvement de façon la plus exhaustive possible, en poussant l'observation à environ 70 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.

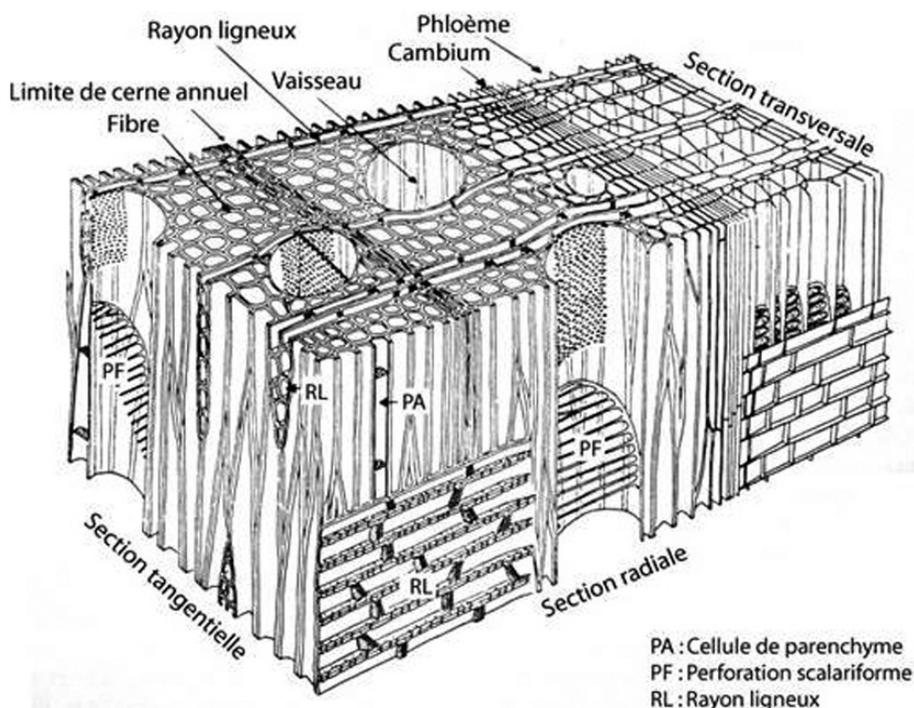


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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).

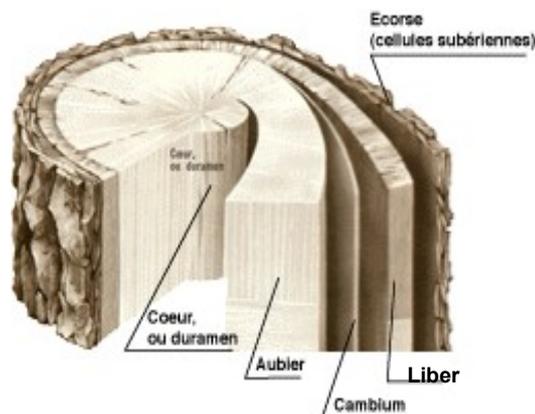
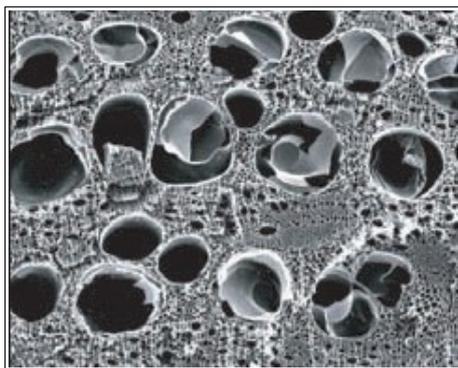
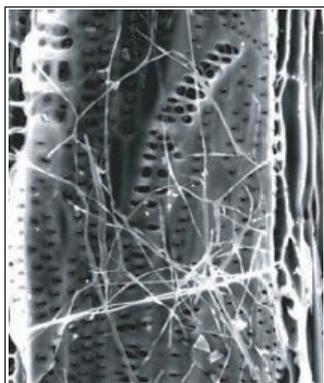


Fig. 5 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à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

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



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

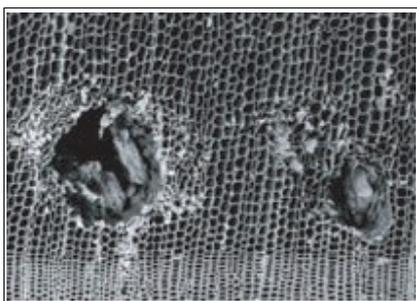
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

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

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

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

- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.



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

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

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

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



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

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

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

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des petites pièces de bois (Oilic, 2011). Selon Marguerie *et al.* (2010), elle est la conséquence de conditions spécifiques de combustion ou de taphonomie, voire d'un état particulier du bois avant le passage au feu. Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation des tissus, une apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 1982). Prior et Alvin y voient la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior et Alvin, 1986), néanmoins ce seul critère serait remis en cause par McParland *et al.*, (2010). De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaérobies" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer ce phénomène de vitrification selon Blaizot *et al.* (2004). 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.

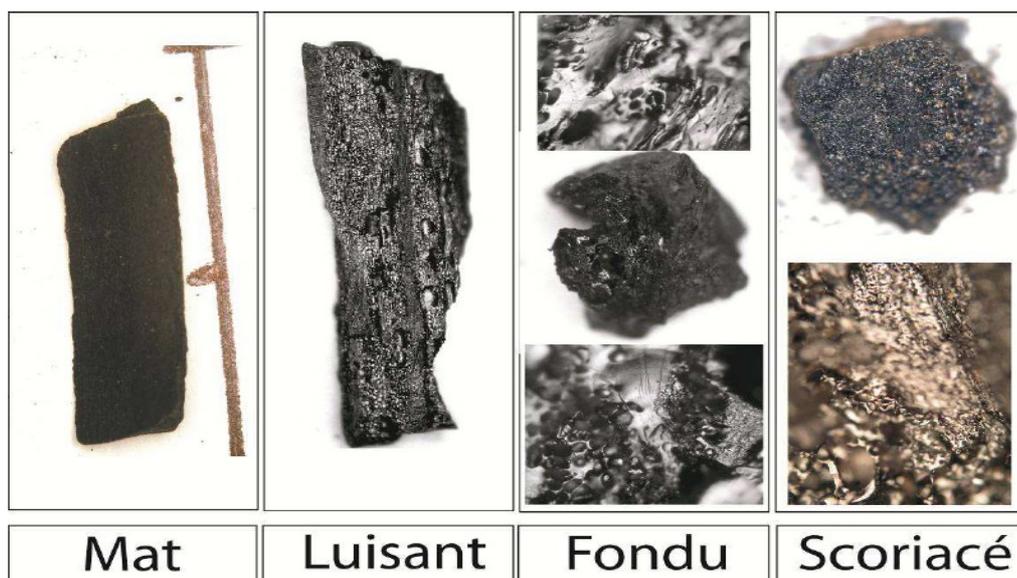
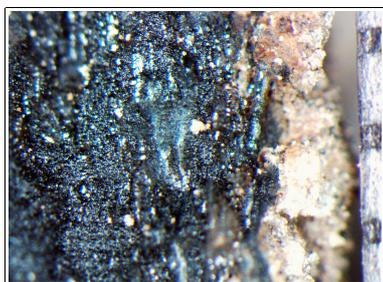


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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.

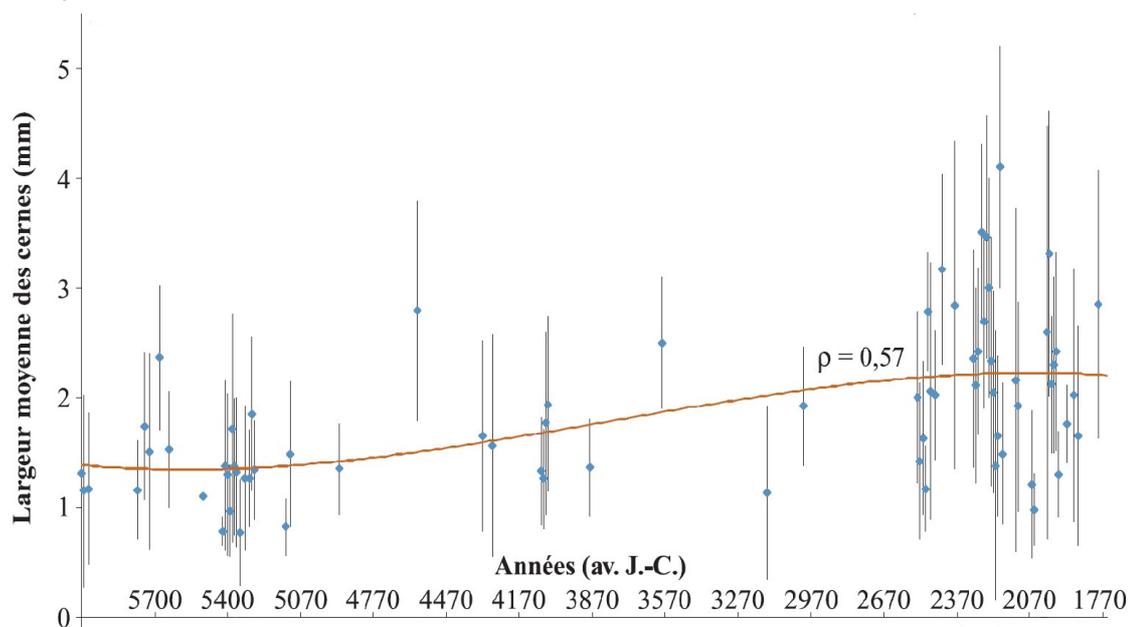


Fig. 11 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie *et al.*, 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 19). 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. 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.

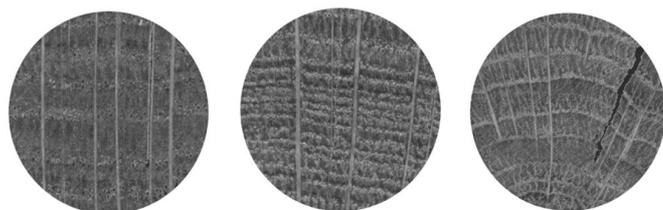


Fig. 12 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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).

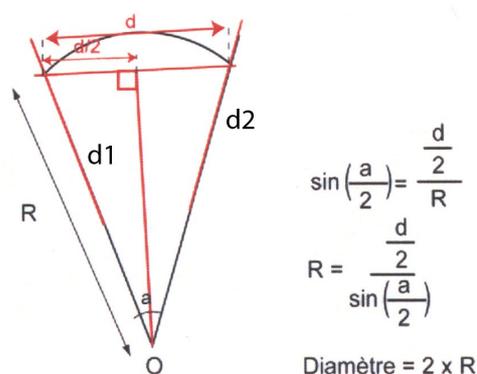


Fig. 13 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

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.

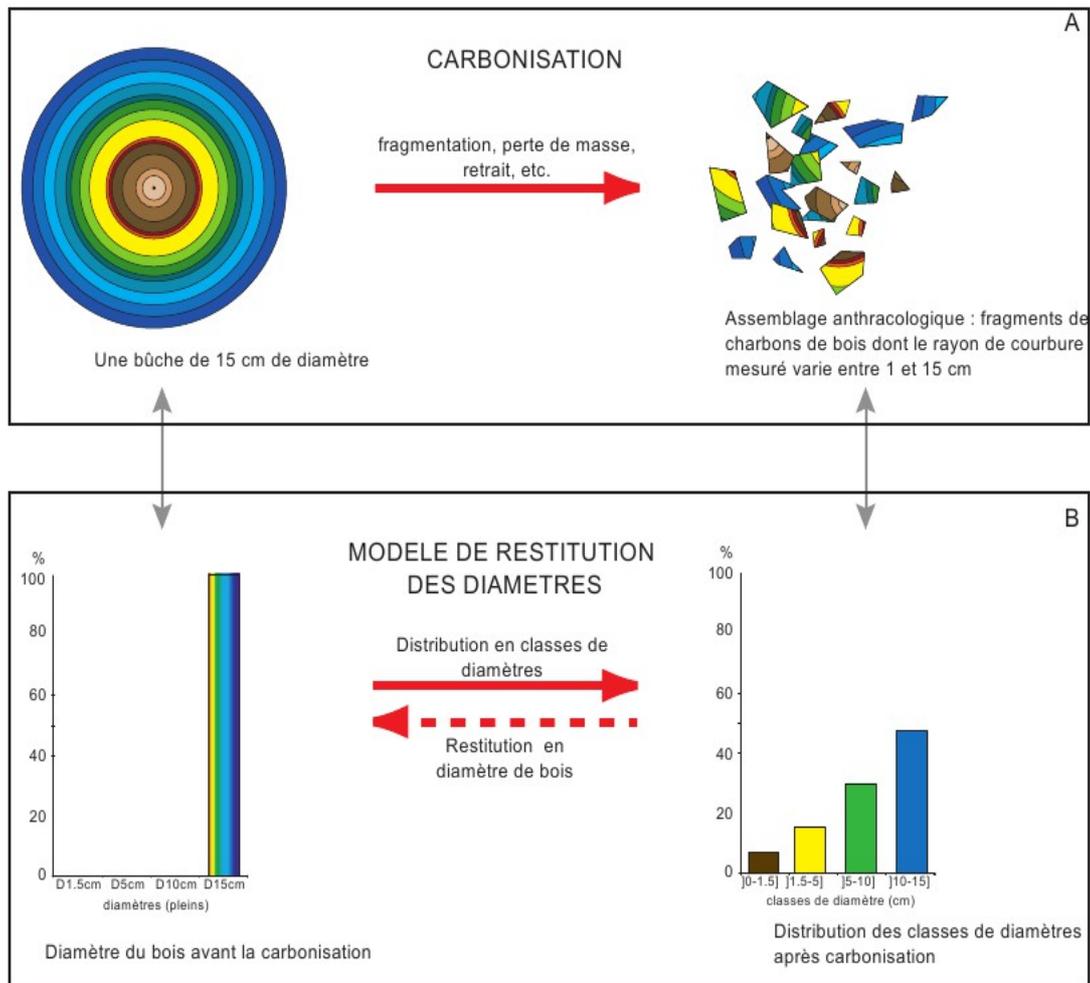


Fig. 14 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

Remarque : Dans le cadre de cette étude, une majorité de fragments provient de bois de petit calibre et il a parfois 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 neuf à dix 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.

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. Sa présence est toutefois à considérer avec précaution car il n'est représenté que par un seul fragment...

Le charme (*Carpinus sp.*) est une essence de demi-ombre ou d'ombre que l'on retrouve plutôt sur les sols à richesse minérale variable : sols de pH basique à moyennement acide. Il apprécie les sols profonds secs à frais. C'est une espèce qui a besoin d'étés chauds pour la maturation des graines. On le trouve partout en France, sauf dans le Sud-Ouest, en Bretagne et Basse-Normandie et sur le pourtour méditerranéen.

Il est fréquemment associé aux forêts collinéennes (*Carpinion betuli*) et chênaies mixtes, aux bois, aux haies. Il fournit un bois homogène à densité élevée, très dur et peu fissile. Plante astringente, c'est un excellent bois de chauffage, brûlant lentement avec une flamme vive. C'est un très bon charbon de bois. Il a potentiellement une durée de vie d'environ 150 - 200 ans (Rameau *et al.* 2008).

Le **noisetier** (*Corylus avellana*) est une essence héliophile ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les **lisières de forêts caducifoliées**, dans des bois clairs, dans des **landes** ou **friches**. Il s'adapte à tous les substrats, tant d'un point de vue hydrique qu'en termes de pH. Aussi, on le trouve potentiellement dans la plupart des écosystèmes, même s'il reste avant tout un arbre pionnier par excellence. Le noisetier est un bon bois d'allumage, surtout sous la forme de brindilles (flamme longue, claire, sans fumée), il dégage beaucoup de chaleur et une combustion rapide.



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

Les Pomoïdeae ou Maloïdeae (ex. aubépine, poirier, néflier, alisier, cormier) 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**. Les **Pomoïdées** englobent par exemple les **poiriers-pommiers** mais aussi l'**aubépine**. Ces taxons fournissent de bons combustibles.

Les bois des Pomoïdées comme l'alisier, le cormier ou le poirier sauvage, sont denses, lourds, stables avec une teinte généralement brun rougeâtre. 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.

Les Prunoïdées dont le genre **Prunus sp.** (ex. merisier, prunier, 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)**. En plus **des prunelliers**, les charbons du genre *Prunus sp.* peuvent aussi correspondre aux **merisiers** et aux **cerisiers**.

Excepté le merisier (*Prunus avium*), ces taxons fournissent de bons combustibles.

Le lierre (*Hedera helix*) est une liane arbustive à feuilles persistantes pouvant atteindre 30 mètres. On voit parfois des arbres morts recouverts de lierre mais cela ne signifie pas qu'il est responsable de la mort de l'arbre, qui ne lui sert que de support.

Le sureau (*Sambucus sp.*) est un arbuste qui pousse généralement dans des milieux clairs, en lisières, haies, bords de rivières, voire dans les décombres et bois frais. Il produit des petits fruits comestibles cuits et parfois utilisés pour la confection des confitures.

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.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

3.1. Prélèvement n°1, Silo F.218, US.1023

a. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle	Insecte	Moelle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud				
Acer sp.	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Carpinus betulus	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cornus sp.	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Corylus avellana	17	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Corylus/Carpinus	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. de brindille indéterminé	5	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
Frag. écorce	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. Indet. noyau ou gland?	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hedera sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Pomoidée	9	0	0	9	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	21	0	0	20	0	0	0	3	6	0	0	0	0	0	4
Quercus sp.	2	0	2	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0
Sambucus sp.	4	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
SOMME	72	0	2	60	2	0	3	6	8	0	2	2	1	10	

Fig. 16 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°1

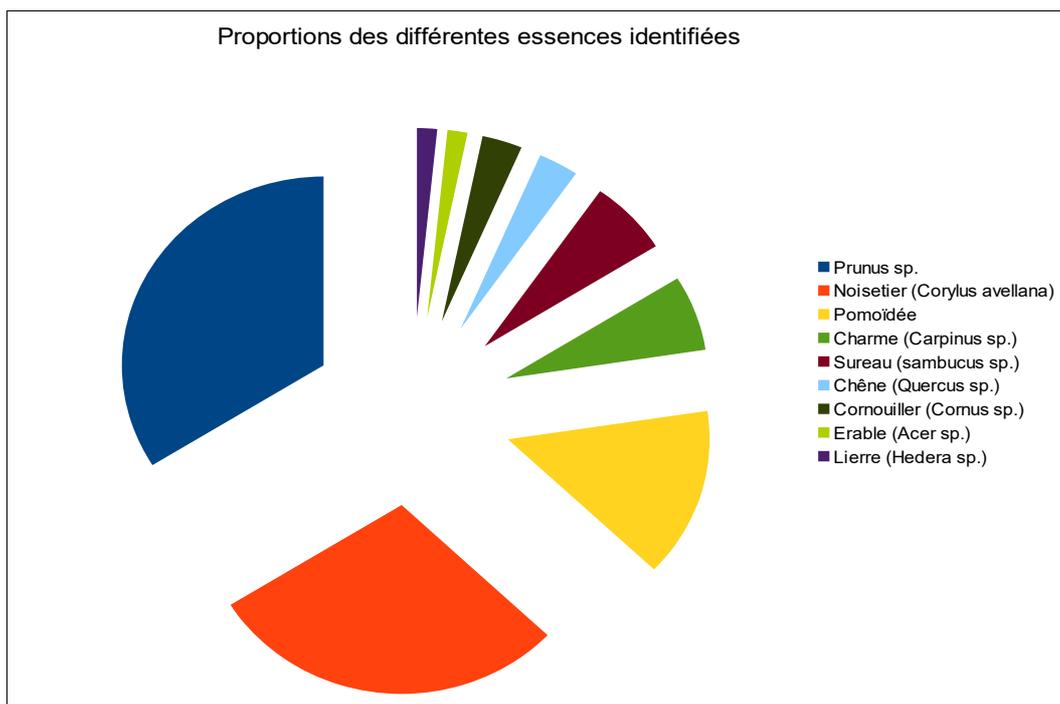


Fig. 17 – Représentation des proportions des différents taxons identifiés, sous la forme d'un camembert éclaté.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Intermédiaire	Régulier	2	4	1,13	0,19	1	1,27

Fig. 18 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire.

b. Interprétations

L'analyse révélée une composition anthracologique assez diversifiée, avec une dizaine d'essences identifiées. Par ordre d'importance, on constate des fragments du genre *Prunus* (ex. *prunellier*, *cerisier*), de noisetier (*Corylus avellana*), de Pomoïdée (ex. aubépine), et dans une moindre mesure quelques charbons de charme (*Carpinus sp.*), sureau (*Sambucus sp.*), chêne (*Quercus sp.*), cornouiller (*Cornus sp.*), érable (*Acer sp.*) et de lierre (*Hedera sp.*). Quelques brindilles de quelques millimètres de diamètre n'ont pu être déterminées (Fig. 16 et 17).

Mis à part les deux fragments de chêne, l'ensemble est composé exclusivement par des fragments provenant de bois de très petit calibre. De façon globale ce sont des bois de petites branches, voire de brindilles qui ont été utilisés. Des calculs de calibration réalisés sur 35 fragments de diverses essences ont permis d'estimer des rayons essentiellement compris entre 2 et 5 mm environ (Fig. 19).

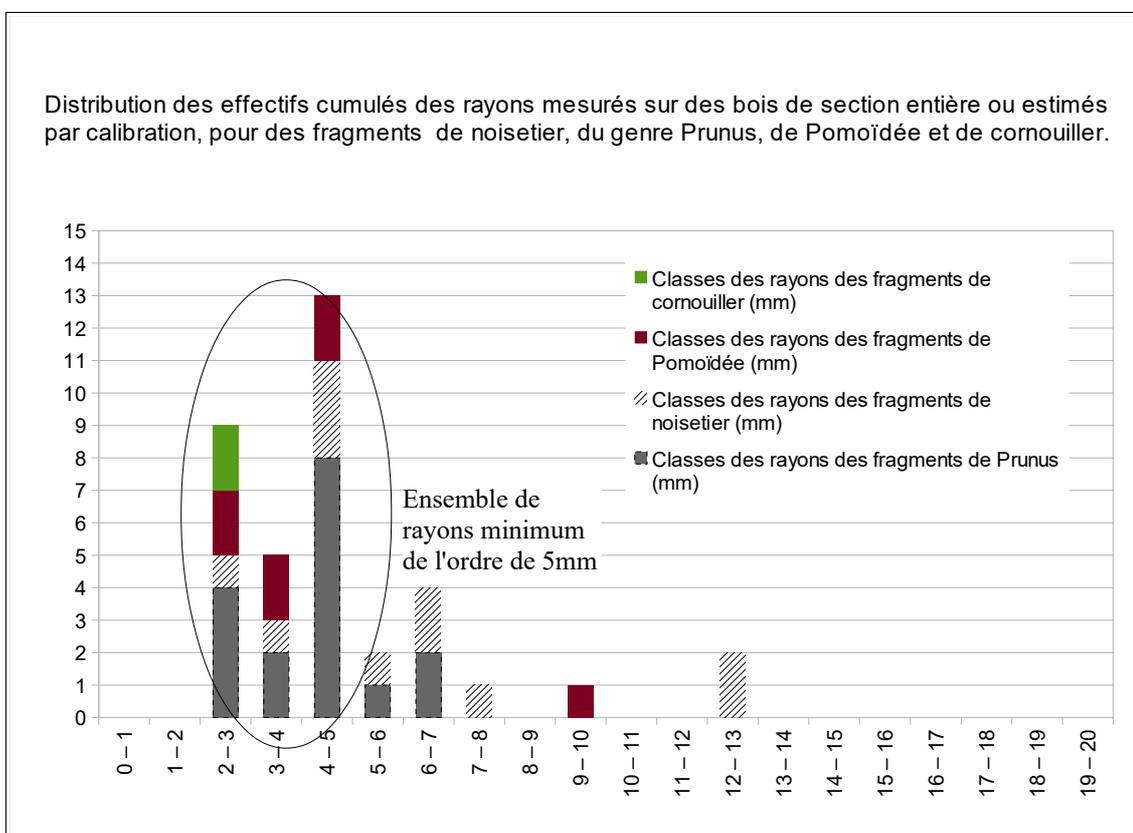


Fig. 19 – Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales calculées pour quelques fragments de *Prunus*, noisetier, Pomoïdée, cornouiller, par classe de 1 mm.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, assez peu de fragments montrent des aspects luisants (22%) ou fendus (18%).

L'aspect luisant est généralement interprété comme la conséquence de combustions en milieu réducteur (contexte anaérobie) et de hautes températures (ex. de type four) (Blaizot *et al.*, 2004 ; Oilic, 2011). Dans notre cas, l'hypothèse de charbons issus de combustions en contexte ouvert (aérobie) est donc la plus probable.

De plus, la faible fréquence des charbons montrant des fentes de retrait caractérise un combustible brûlé essentiellement à l'état sec.

Au niveau paléoenvironnemental, quelques mesures de largeurs de cerne ont été réalisées sur les deux fragments de chêne. Ces deux mesures ont permis de calculer une moyenne de l'ordre de 1,1 mm / an. Ce résultat est caractéristique d'un contexte de croissance difficile (ex. boisement dense et/ou contexte abiotique contraignant comme des sols pauvres ou une mauvaise exposition). Au regard du faible nombre de mesures, cette interprétation est à considérer avec précaution.

Un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué sur la composition anthracologique (Fig. 20). Le principe de ce calcul 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).

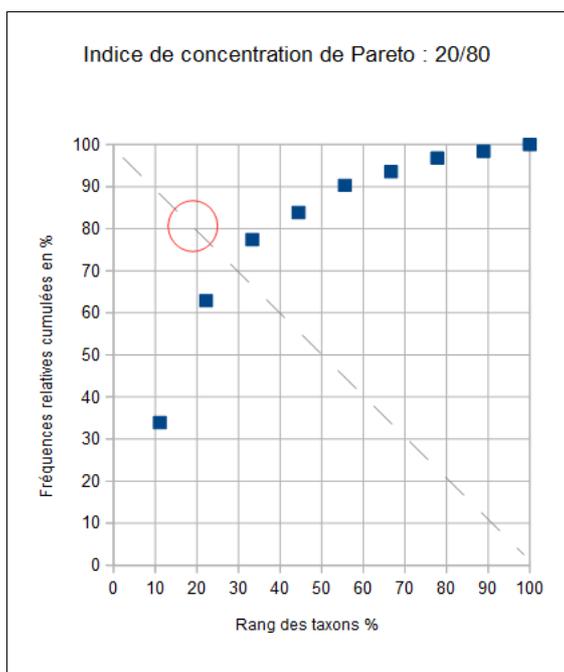


Fig. 20 – Indice de concentration de Pareto. Le calcul a été effectué sur les effectifs des neuf taxons identifiés à l'intérieur de ce prélèvement.

Le graphique montre que les proportions des taxons anthracologiques constatées ne reflètent pas les mêmes proportions que dans les communautés végétales naturelles (Chabal *et al.*, 1999) (cf. dans un environnement naturel en équilibre, 20% des taxons correspondent à environ 80 % de la biomasse, alors que pour le prélèvement ci-présent, 20% des taxons correspondent à environ 55% de la biomasse). Cette différence pourrait s'expliquer par un problème de représentativité des effectifs étudiés (insuffisants) mais plus probablement aussi par des ramassages sélectifs (Fig. 20). En effet, au regard des calibres des bois utilisés, on peut évoquer l'hypothèse de ramassages orientés avant tout vers des bois de petit calibre, ce qui a avantagé les essences « arbustives » offrant naturellement des modules de petit calibre (ex. noisetier, Pomoïdée, prunellier) au détriment d'essences potentiellement de bois de plus gros calibre (ex. chêne).

4. BILAN

Les charbons étudiés correspondent à des restes de bois de petit calibre, de type « fagot ». Trois essences sont principalement identifiées : le genre *Prunus* (ex. merisier, prunellier), le noisetier et du bois de la famille des Pomoidées (ex. aubépine).

Deux hypothèses peuvent être évoquées pour interpréter la détection de ces restes dans le comblement du fossés :

1. Hypothèse d'un ensemble correspondant à des restes de combustibles.

Dans ce cas, les charbons seraient en position de rejet.

Notons que certaines essences correspondent à des bois durs (ex. chêne, charme, érable) mais sont très peu représentées (six fragments). Pour ces quelques charbons il s'agit vraisemblablement de restes de combustible.

En revanche, en ce qui concerne l'ensemble des autres fragments, les trois essences principales (noisetier, *Prunus*, Pomoidées) sont souvent utilisées lors de phases d'allumage des foyers. De plus, ces fragments correspondent essentiellement à des bois de petit calibre offrant des combustions vives mais brèves. L'hypothèse de rejets de combustible ne peut être envisager que dans le cadre d'un système technique nécessitant des combustions vives (ex. activité de fabrication de poterie?).

Notons toutefois que des rejets de combustion d'un four de potier auraient comporté davantage de charbons d'aspect luisant. De plus, la détection d'essences de combustibilité plutôt médiocre (ex. lierre, cornouiller, sureau) va aussi plutôt à l'encontre de l'hypothèse de restes de combustible.

2. Hypothèse des restes d'un incendie de bâtiment.

La description archéologique évoque des « reliquats du nettoyage d'un incendie ». Cette hypothèse est plausible.

Le noisetier est potentiellement un bois intéressant pour confectionner un clayonnage (bois relativement imputrescible et flexible). La description « d'une couche très rubéfiée avec du torchis » au sein de ce silo apparaît à priori en cohérence avec un clayonnage englobé dans le mur d'un bâtiment incendié. Toutefois, la faible proportion des charbons d'aspects luisants, typiques de combustions confinées, ne permet pas d'être complètement catégorique à propos de cette hypothèse.

Il ne faut donc pas totalement exclure d'autres usages ou d'autres techniques de construction à l'aide de fagots (ex. maintien et « assainissement » des murs du silo, couverture...).

En ce qui concerne les informations paléoenvironnementales, une dizaine de taxons anthracologiques a été identifiée 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 bois.

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

- **les boisements clairs, lisières forestières, fruticées et haies** : avec la détection de du genre *Prunus* (prunellier, cerisier), la famille des Pomoïdées (aubépine, poirier, alisier, cormier...), du sureau, du cornouiller, du noisetier, voire de l'érable.
- le groupement forestier de la **chênaie diversifiée** avec le chêne, le charme, et l'érable.

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., 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.

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.

RAMEAU J.C., MANSION D., DUME G. et GAUBERVILLE C., 2008 - *Flore forestière française, guide écologique illustré*. T.3, Région méditerranéenne, Institut pour le développement forestier, Paris, 2426 pages.

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

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

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

6. ANNEXE – Photographies

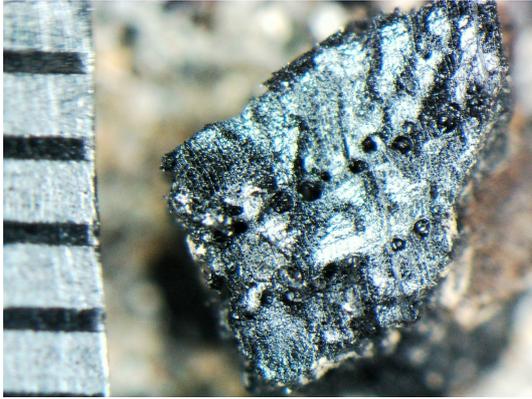


Fig. 21 – Fragment de chêne (*Quercus sp.*) d'aspect luisant. Coupe transversale. Grossissement x17. L'échelle représente des millimètres.

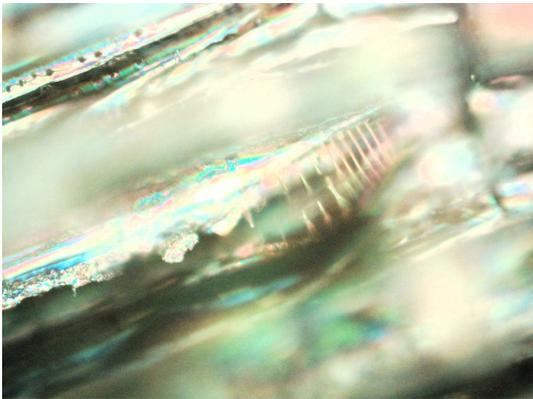


Fig. 22 – Fragment de cornouiller (*Cornus sp.*) nombreux barreaux scalariformes. Coupe radiale. Grossissement x400.



Fig. 23 – Fragment du genre *Prunus* de forte courbure de cerne et d'aspect « fendu-luisant ». Coupe transversale. Grossissement x13. L'échelle représente des millimètres.