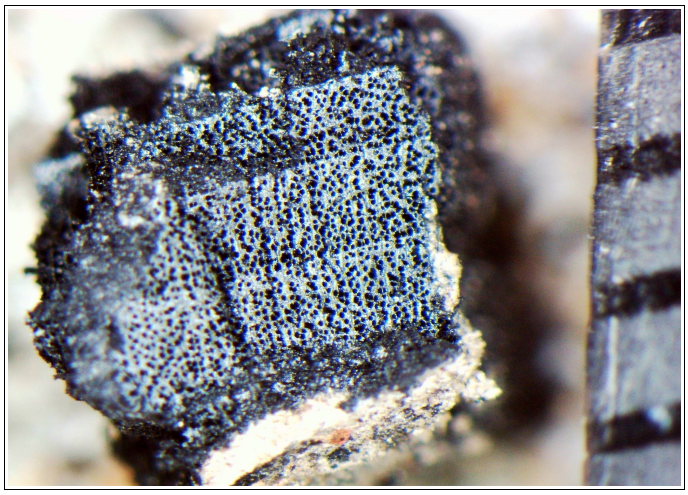
ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

ANALYSE DES FRAGMENTS CHARBONNEUX PRÉLEVÉS LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE DU SITE « LES BAS VERGERS » SUR LA COMMUNE DE MAISONS (14). SITE 1, LIAISON DOUCE SULLY-PORT-EN-BESSIN

OPÉRATION : 164380



Service départemental d'archéologie du Calvados

Mai 2021

Service départemental d'archéologie du Calvados

36, rue Fred Scaramonie

14035 CAEN Cedex

_____

Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération archéologique du site « Les Bas Vergers » sur la commune de « Maisons » (14).

Opération : 164380

_____

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

_____

Mai 2021

Illustration de la page de couverture :

Fragment de la famille des Pomoïdées vue en coupe transversale montrant une forte courbure de cerne sous loupe binoculaire grossissement x24 (l'échelle représente des millimètres). Structure 30 (Comblement de la petite fosse circulaire du 7ème siècle).

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. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation....15
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION....18
3.1. Comblement de la structure 106 : fossé de palissade (La Tène)....18
a. Résultats....18
b. Interprétations 19
3.2. Comblement de la structure 30 : fosse circulaire du 7ème siècle....21
a. Résultats....21
b. Interprétation....22
4. BILAN....24
5. BIBLIOGRAPHIE....28
6. ANNEXE – Photographies....30

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors d'une fouille menée sur la commune de Maisons (14) au lieu-dit « Les Bas Vergers ».

La fouille concerne des structures attribuées aux périodes néolithiques, de La Tène, gallo-romaines, du Haut-Moyen Age et de l'époque moderne.

Les restes charbonneux étudiés ont été prélevés à l'intérieur des comblements de deux structures, l'une correspond à un fossé circulaire du 7ème siècle (structure 30), l'autre à un fossé fin Tène moyenne – début Tène final (structure 106).

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 quel type de combustion a t-on affaire : rejets de foyers ou restes de bois d'œuvre,

- 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 départemental d'archéologie du Calvados. La fouille ci-présente a été dirigée par Mme Audrey Leffet. L'étude a été commandée par le service avec l'accord de son directeur, M. Vincent Hincker.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

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

Les charbons étudiés ont fait l'objet de tamisages selon une maille d'environ 2 mm, tamisages effectués par le service archéologique.

L'ensemble des échantillons a été observé. 75 charbons ont été étudiés.

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE			
Commune :	Maisons,		
Nom de l'opération / Lieu-Dit :	Les bas Vergers		
Année :	Printemps 2020		
N° OA :	162380		
Resp. d'Op.	Audrey LEFFET		
Type d'opération :	fouille préventive		
Période d'analyse pressentie	Juin_2021		

Structure /zone	Description / type attendu	Période / date	Effectifs étudiés
ST 30	petite fosse circulaire	7ème siècle	37
ST 106	fossé de palissade , avec une concentration de céramique	fin Tène moyenne – début Tène final	38
			75

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 ».

Sept et neuf taxons ont été identifiés pour les deux échantillons. La courbe réalisée pour le prélèvement de la structure 106 montre un seuil situé entre 25 et 35 fragments (Fig. 2). Pour le prélèvement de la structure 30 lot le plus diversifié avec 9 taxons, la courbe « d'effort-rendement » montre aussi un seuil compris entre 25 et 35 charbons (Fig. 3).

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 75 charbons (soit environ 35 charbons pour chaque lot).

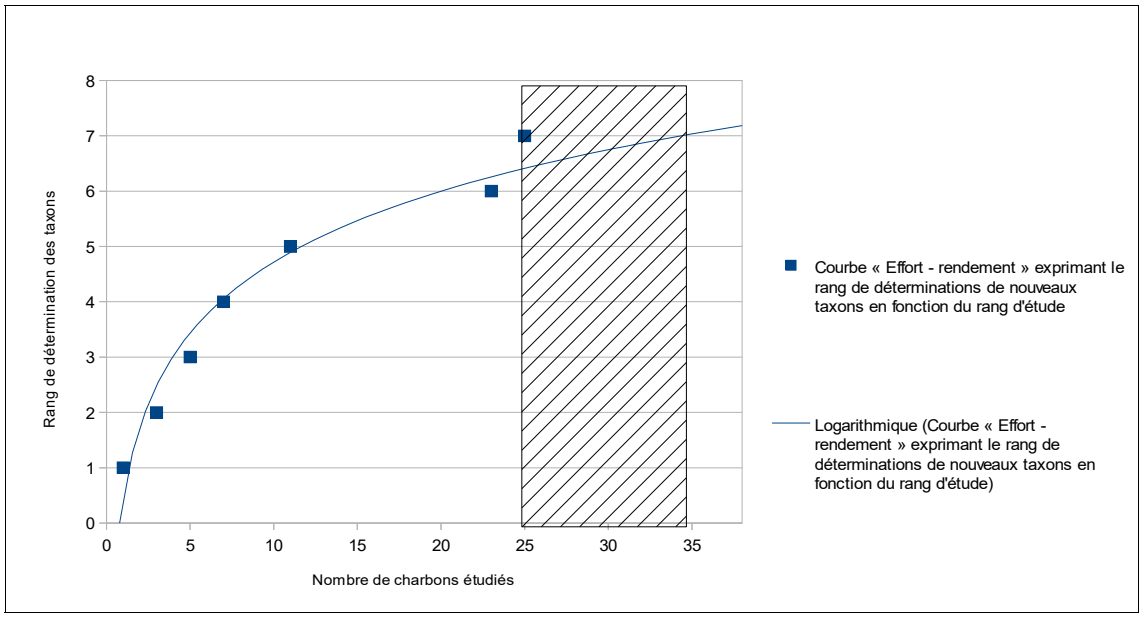


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement de la structure 106. Dans cet exemple, le septième taxon (*Salix sp.*) a été observé au rang 25 et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 25 et 35 charbons.

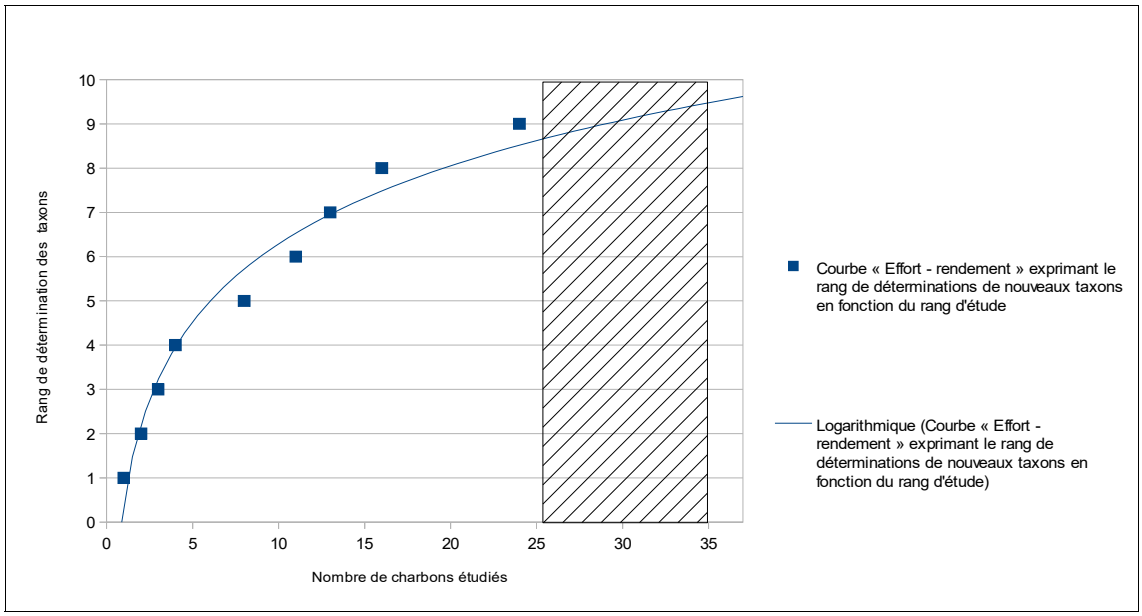


Fig. 3 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement de la structure 30. Dans cet exemple, le neuvième taxon (Pomoïdée) a été observé au rang 24 et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 25 et 35 charbons.

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

2.2. Méthodologie

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

- plan transversal,

- plan longitudinal radial,

- plan longitudinal tangentiel.

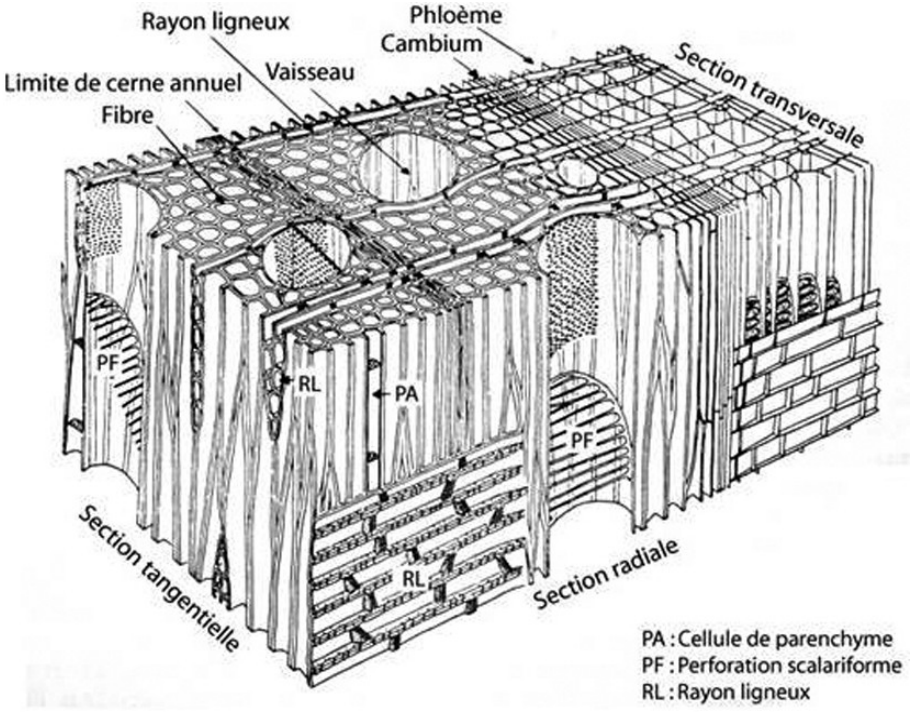


Fig. 5 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

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

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

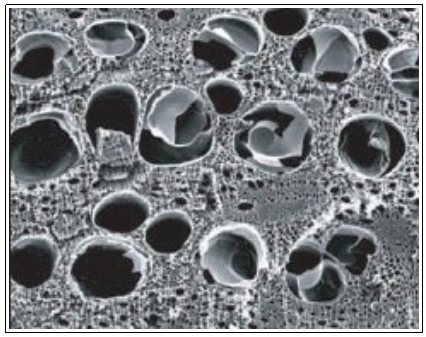
- l'allure des limites de cernes (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- le rythme de croissance

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

- la présence de thylles

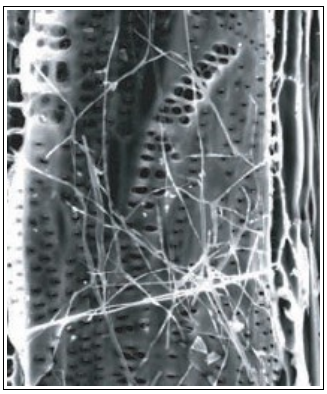
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne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



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

Fig. 6 – 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.

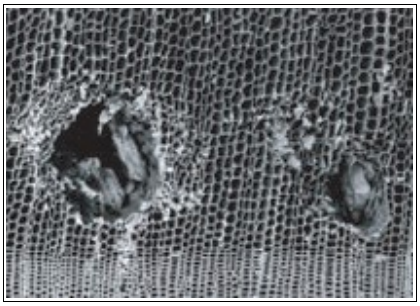
Fig. 7 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

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

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

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

- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.



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

Fig. 8 – Galerie d'insectes xylophages dans un charbon de pin sylvestre (Pinus sylvestris L.) (Marguerie *et al.*, 2010).

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

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

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

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

Fig. 9 – Exemple de fentes de retrait (Marguerie et al., 2010).

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des petites pièces de bois (Oilic, 2011). Selon Marguerie *et al.* (2010), elle est la conséquence de conditions spécifiques de combustion ou de taphonomie, voire d'un état particulier du bois avant le passage au feu. Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation des tissus, une apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 1982). Prior et Alvin y voient la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior et Alvin, 1986), néanmoins ce seul critère serait remis en cause par McParland *et al.*, (2010). De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaérobie" (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. Oillic réutilisa une classification du « degré de vitrification » de D. Marguerie et J.-Y. Hunot (2007).

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

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

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

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

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

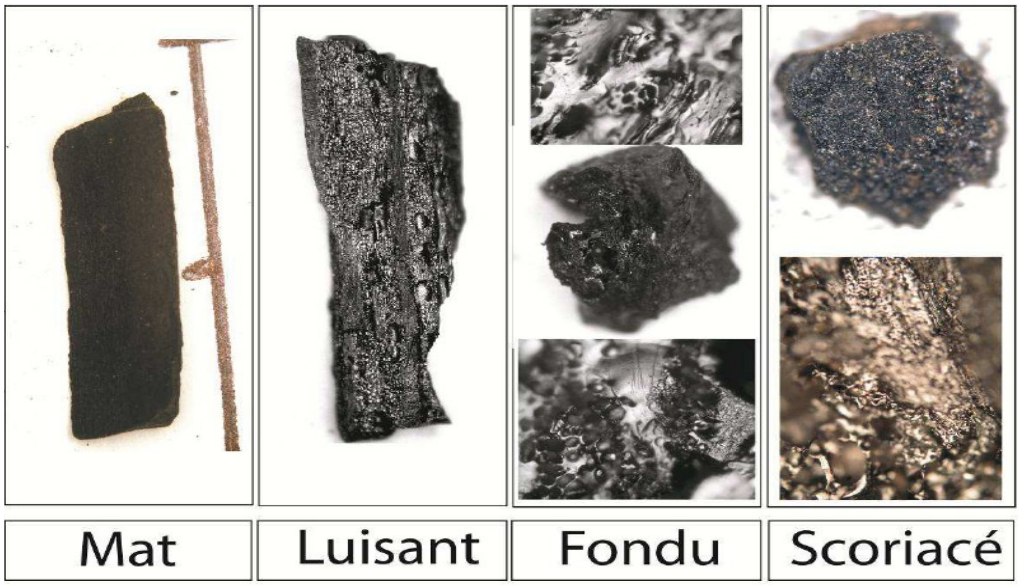
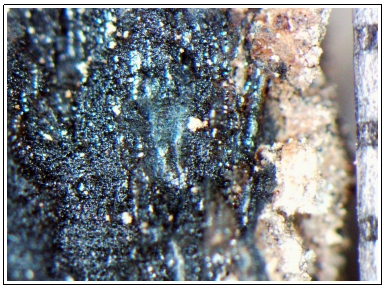


Fig. 10 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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



Remarque : l'aspect de certains charbons n'a pu être qualifié par cette classification. Quelques charbons avaient en effet un aspect « granuleux », avec des structures anatomiques indéterminées. Cet aspect se différencie de l'aspect « scoriacé » par le fait qu'il ne semble pas se produire de phénomène de « fusion » des parois cellulaires. Un cinquième aspect « granuleux » (Fig. 11) a donc parfois été utilisé.

Fig. 11 – Exemple de fragments charbonneux avec un aspect « granuleux ».

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

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

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

2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

- Observations de caractères dendrologiques :

Une observation systématique des charbons de bois à faible grossissement a été effectuée en complément de la détermination des essences. Elle a permis de relever un certain nombre de caractères dendrologiques (types de courbure, types de combustion, occurrences de thylles, traces d'insectes…). Néanmoins, une partie des charbons n'a pu donner lieu à une telle analyse car trop petits, fragmentés ou mal conservés, ils présentaient des plans ligneux alors impossibles à caractériser.

- Mesures des largeurs moyennes de cernes ou croissance radiale :

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

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

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

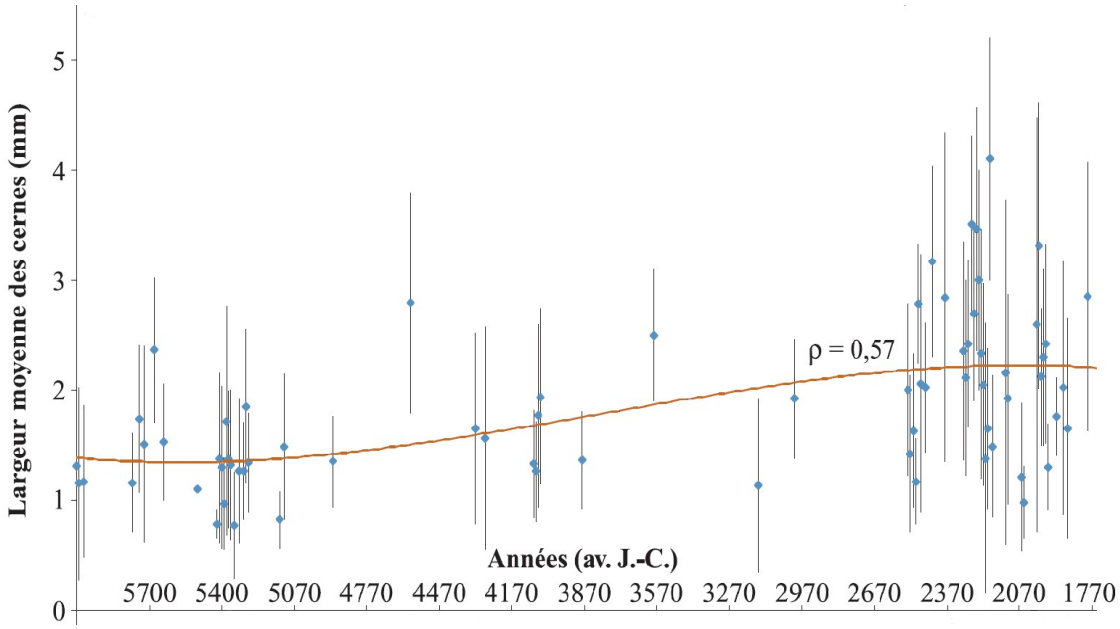


Fig. 12 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie et al., 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 12). On constate des valeurs comprises entre 1 et 2 mm au cours du Néolithique puis une augmentation régulière de ces valeurs au moins jusqu'au début de l'Antiquité. Cette évolution est principalement interprétée par l'effet de l'ouverture du paysage. Les boisements fermés du Néolithique se concrétisent par des croissances difficiles (moyennes des largeurs de cerne comprises entre 1 et 2 mm) et vont progressivement céder la place à des boisements plus clairs et des formations de types lisières, haies, plus favorables à la croissance des arbres (moyennes comprises entre 4 mm et 1 mm). On note toutefois une hétérogénéité des valeurs durant l'Age du fer indiquant probablement la coexistence de milieux plus ouverts mais aussi de milieux fermés.

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

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

- Estimation du calibre des arbres, 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. 13). Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera la provenance d'au moins une pièce de bois de gros calibre : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

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

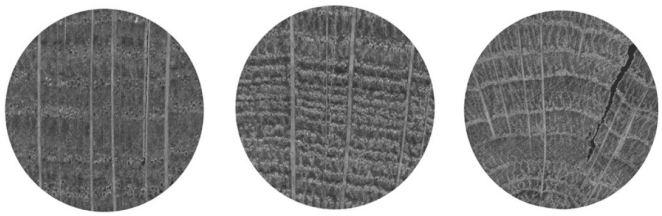


Fig. 13 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

L'étude a permis de déterminer une douzaine de 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, 2008) :

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.*). Il a probablement été introduit dans le nord-ouest de la France durant la période gallo-romaine.

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

Le 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 fissible. Plante astringente, c'est un excellent bois de chauffage, brûlant lentement avec une flamme vive. C'est un très bon charbon de bois.

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. 14 – Représentation de l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

Quelques éléments de **frêne** (*Fraxinus sp.*) ont été identifiés. Ce genre correspond au frêne commun (*Fraxinus excelsior*) dans la région considérée. C'est un taxon mésophile à mésohygrophile que l'on trouve dans les bois frais, aux bords des eaux, sur les versants ombragés. Il est souvent associé aux forêts ripicoles, chênaies et hêtraies-chênaies. Le feuillage est un très bon fourrage pour les animaux (Rameau *et al.*, 1989). Il est considéré comme un bon bois de chauffage car c'est un bois dense (570 kg / m3) avec un pouvoir calorifique important et générant une combustion lente.

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.

Les Pomoïdeae ou Maloïdeae (ex. aubépine, poirier, néflier, alisier) et les **Prunoïdées** dont le genre ***Prunus sp.*** (ex. merisier, cerisier, prunellier) sont des essences héliophiles ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les **lisières de bois**, dans des **bois clairs**, des **landes** ou en **forêts caducifoliées ouvertes**. Il n'est pas rare de les retrouver associés aux **Genistae (Fabacées)**. Les **Pomoïdées** englobent par exemple les **poiriers-pommiers** mais aussi l'**aubépine**. Les charbons du genre *Prunus sp.* peuvent aussi correspondre aux **merisiers** et aux **cerisiers**. Excepté le merisier (*Prunus avium*), ces taxons fournissent de bons combustibles.

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

Fig. 15 – Représentation de l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les résultats sont présentés par structure de provenance.

3.1. Comblement de la structure 106 : fossé de palissade (La Tène)

a. Résultats

		Courbure			Rythme		Combustion					
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Acer sp.	6	0	4	1	0	0	0	1	0	0	1	0
Corylus avellana	8	0	1	6	0	0	0	0	1	0	0	0
Fraxinus sp.	5	1	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Pomoïdée	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	7	0	0	5	0	0	0	2	0	0	0	0
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	5	0	1	1	1	1	0	3	0	0	0	1
Salix/Populus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salix sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 16 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure 106.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	1	7	0,68	0	0,68	0,68

Fig. 17 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire, structure 106.

b. Interprétations

Neuf taxons anthracologiques ont été identifiés dans ce lot. Par ordre d'importance on constate des fragments de noisetier (*Corylus avellana*), du genre *Prunus,* d'érable (*Acer sp.*), de frêne (*Fraxinus sp.*), de chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*) et dans une moindre mesure de la famille des Pomoïdées, du saule (*Salix sp.*), voire du saule / peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*). Notons que l'hypothèse de la présence du châtaignier est peu probable (cf. note à ce sujet chapitre 2.4.).

L'aire des ramassages semble avoir touché des boisements de type chênaie diversifiée (chêne, érable), des formations végétales ouvertes comme des lisières, des haies (noisetier, Pomoïdée, *Prunus sp.* voire aussi l'érable et le frêne) et probablement un boisement humide (peuplier, saule, noisetier, frêne).

L'observation des courbures de cernes montre une majorité de fragments montrant une forte courbure de cerne mais aussi quelques fragments de courbure intermédiaire. Seulement sept fragments ont été observés avec des courbures intermédiaires. Les fragments proviennent donc de bois de petit à moyen calibre probablement un mélange de petites branches. Les restes étudiés ne correspondent donc pas aux bois des palissades potentiellement associées au fossé mais plutôt à des rejets de combustibles.

Quelques mesures de rayons minimum ont été réalisés sur des fragments de noisetier et de *Prunus* présentant encore de la moelle. Les calculs ont permis d'estimer des rayons minimum de l'ordre de 5 à 10 mm (mesures non exhaustives), il s'agirait donc pour ces fragments de bois de brindilles. Mais les fragments des autres essences (notamment de chêne, d'érable et de frêne) semblent correspondre à des branches un peu plus grosses. Compte tenu du temps alloué, il n'a malheureusement pas été possible de consolider ces mesures de calibration.

Il est intéressant de noter que les essences dont le calibre semble un peu plus « gros » (courbure intermédiaire : chêne, érable, frêne), correspondent aussi à des bois qui ont un bon pouvoir calorifique. Ce sont en effet des bois denses ou « durs » générant une combustion lente. Ces essences correspondent probablement aux bois qui ont permis d'entretenir les combustions. Les bois de plus petit calibre tels que le *Prunus*, le noisetier, le bois de Pomoïdée ou le saule / peuplier, bois plus tendres, ont probablement été utilisés lors de l'allumage de ces combustions.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, on constate des aspects « luisants » pour environ 30% des fragments. Ces aspects sont généralement interprétés comme le résultat de combustions en milieu chaud et confiné. Toutefois, la proportion de ces charbons est trop faible pour pouvoir les interpréter comme des rejets de combustion type « four ». Il s'agit probablement d'effets de combustion assez localisés, peut-être des fonds de foyers. Le petit calibre des bois a pu aussi favoriser ce phénomène de « vitrification » (Oilic, 2011).

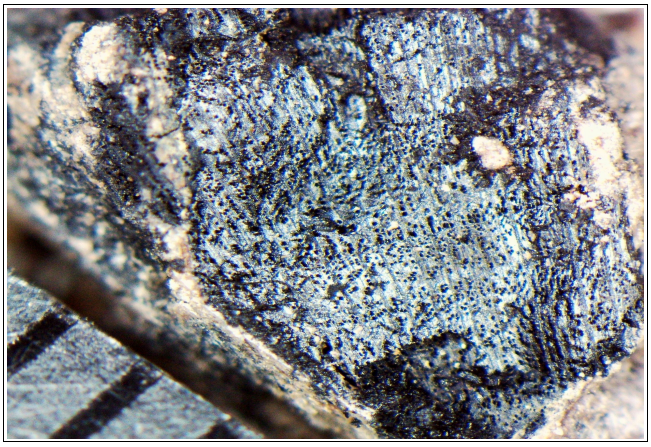


Fig. 18 – Exemple d'un fragments du genre Prunus en coupe transversale. Fragment présentant une forte courbure de cerne et un aspect luisant (grossissement x19). Les échelles représentent des millimètres.

Un seul fragment de chêne a pu faire l'objet d'une mesure de largeur de cerne (Fig. 17). La moyenne obtenue est très faible (0,68 mm / an), ce qui correspondrait à un contexte de croissance difficile (forêts denses ou sols contraignants). Résultat à considérer avec précaution compte tenu du faible nombre de charbons étudiés.

Un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué. Le principe du calcul de l'indice 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).

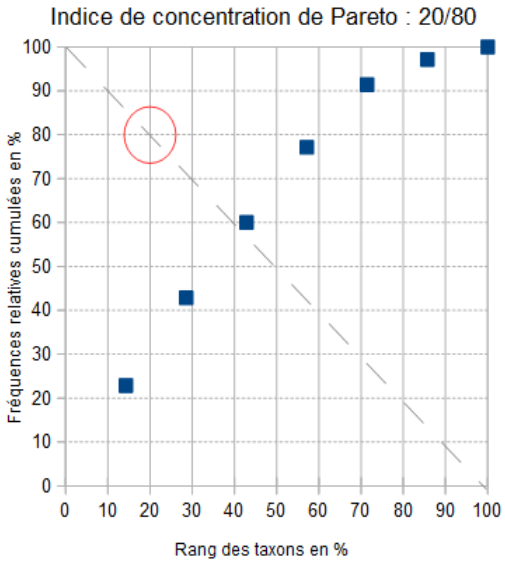


Fig. 19 – Indice de concentration de Pareto pour le prélèvement de la structure 106.

Même si les diversités anthracologiques sont assez faibles (le chêne et chêne-châtaignier, mais aussi le saule et saule/peuplier ont été rassemblés) le rapport d'équilibre constaté avec la composition du lot anthracologique (Fig. 19) ne semble pas refléter les mêmes proportions que dans les communautés végétales naturelles. Cette différence pourrait s'expliquer soit par un problème de représentativité des effectifs étudiés (insuffisants) mais peut-être aussi par un ramassage sélectif.

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 offrant des modules de petit calibre (ex. noisetier, Pomoïdée, prunellier) au détriment d'essences générant naturellement des branches qui offrent de plus gros calibres (ex. chêne).

3.2. Comblement de la structure 30 : fosse circulaire du 7ème siècle

a. Résultats

		Courbure			Rythme		Combustion							
Nom Espèce	Effectif	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.	Thylle
Acer sp.	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alnus/Corylus	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Carpinus betulus	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Corylus avellana	4	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Fagus sylvatica	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Pomoïdée	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunus sp.	4	0	0	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	5	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	0	0	0
Quercus sp.	11	0	2	0	2	0	0	2	3	0	0	0	0	1
Salix sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 20 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de la structure 30.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	2	2	1,39	0	1,39	1,39

Fig. 21 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire, structure 30.

b. Interprétation

L'ensemble anthracologique est constitué d'une dizaine de taxons (Fig. 20). On constate par ordre d'importance des fragments de chêne (*Quercus sp.*) et chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*), de noisetier (*Corylus avellana*), du genre *Prunus* et dans une moindre mesure de charme (*Carpinus sp.*), d'érable (*Acer sp.*), de la famille des Pomoïdées, du hêtre (*Fagus sylvatica*), de saule (*Salix sp.*), voire d'aulne (*Alnus sp.*).

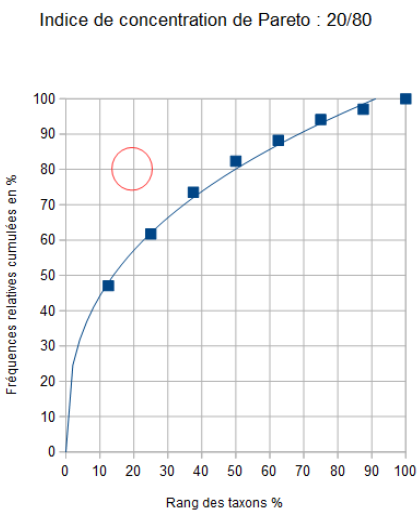
Au regard de la diversité constatée, l'aire de ramassage semble avoir touché des boisements de type chênaie-hêtraie (chêne, hêtre, charme, érable, châtaignier (?)), des boisements clairs comme des lisières, ou haies (noisetier, Pomoïdée, *Prunus sp.*) et probablement un boisement humide (aulne, saule, noisetier).

L'observation des courbures de cerne indique que la plupart des fragments proviennent de bois de petit calibre. En effet, seuls deux charbons montrent des courbures de cernes qualifiées « d'intermédiaires » (deux fragments de chêne), tous les autres ont des courbures fortes.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, on constate comme pour le lot précédent, des aspects luisants pour environ 30% des fragments. Cet aspect que l'on peut mettre en relation avec un premier niveau de vitrification, est probablement lié à des effets de combustion chauds et anaérobies assez localisés peut-être des fonds de foyers et le phénomène a pu être favorisé par le petit calibre des bois utilisés (Oilic, 2011). Compte tenu de la faible proportion de ces charbons « luisants », il s'agit probablement de rejets de combustion ouverte (ex. foyer).

La phase d'entretien de la combustion a été assurée principalement avec du bois de chêne (seuls les fragments de chêne pourraient correspondre à du bois de moyen calibre), mais aussi probablement par du petit bois d'érable, de charme et de hêtre qui sont d'excellents combustibles. Ils sont énergétiques à la combustion et leurs braises durent longtemps et rayonnent beaucoup.

Les autres essences telles que le *Prunus*, le bois de Pomoïdée, de noisetier, de saule voir d'aulne, sont des bois plus tendres. Ces bois s'enflamment rapidement mais durent peu. Ils ont probablement été utilisés lors de phases d'allumage.



Un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été effectué sur huit taxons (les effectifs du chêne et chêne-châtaignier mais aussi du noisetier et noisetier / aulne ont été rassemblés) (Fig. 22).

Fig. 22 – Indice de concentration de Pareto pour le prélèvement de la structure 30.

Même si le rapport d'équilibre constaté dans la nature (20% des taxons correspondant à environ 80% de la biomasse) n'est pas tout à fait atteint (Fig. 22), il est probable que l'étude de davantage de charbons aurait permit de se rapprocher de cet équilibre (Chabal, 1997). Les proportions entre essences dans les échantillons de charbons de bois sont donc probablement assez fidèles aux proportions de végétations ligneuses qui devaient exister dans l'aire de ramassage autour du site. Si l'on en croit cet indice, la composition anthracologique constatée est probablement issue de ramassages de « tout venant », peu sélectifs et plutôt associés à des usages domestiques.

Des mesures de largeurs de cernes ont pu être réalisées sur seulement deux fragments de chêne. Elles ont permis de calculer une moyenne de l'ordre de 1,39 mm / an (Fig. 21). Cette valeur est caractéristique de contextes de croissance assez difficiles, peut-être un environnement contraignant (sols pauvres, mal exposé) ou bien soumis à des compétitions inter- ou intraspécifiques vis-à-vis des ressources naturelles (ex. un boisement dense). Compte tenu du faible nombre de charbons, il faut considérer ce résultat avec beaucoup de précaution.

4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Environ 75 fragments ont été observés pour les deux prélèvements (Fig. 1).

Inventaire des prélève-ments et comblements associés	**Taxons**	**Hypothèses techniques**	**Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.**
Prélèvement du comblement de la structure 106 : fossé de palissade (La Tène)	noisetier (*Corylus avellana*), genre *Prunus,* érable (*Acer sp.*), frêne (*Fraxinus sp.*), chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*), famille des Pomoïdées, du saule (*Salix sp.*), saule / peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*)	**Rejets de combustion ouverte** L'observation des courbures de cernes montre une majorité de fragments montrant une forte courbure de cerne mais aussi quelques fragments de courbure intermédiaire. Seulement sept fragments ont été observés avec des courbures intermédiaires. Les fragments proviennent donc de bois de petit à moyen calibre probablement un mélange de petites branches. Les restes étudiés ne correspondent donc pas au bois des palissades potentiellement associés au fossé mais plutôt à des rejets de combustibles. Les essences de calibre un peu plus « gros » (courbure intermédiaire : chêne, érable, frêne), correspondent aussi à des bois qui ont un bon pouvoir calorifique. Ce sont les bois qui ont permis d'entretenir les combustions. Les bois de plus petit calibre tels que le *Prunus*, le noisetier, le bois de Pomoïdée ou le saule / peuplier, bois plus tendres, ont probablement été utilisés lors de l'allumage de ces combustions. En ce qui concerne l'aspect des charbons, on constate des aspects « luisants » pour environ 30% des fragments. Ces aspects sont généralement interprétés comme le résultat de combustions en milieu chaud et confiné. Toutefois, la proportion de ces charbons est trop faible pour pouvoir les interpréter comme des rejets de four. Il s'agit probablement d'effets de combustion assez localisés, peut-être des fonds de foyers. Le petit calibre des bois a pu aussi favoriser ce phénomène de « vitrification » (Oilic, 2011). 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 offrant des modules de petit calibre (ex. noisetier, Pomoïdée, prunellier) au détriment d'essences générant naturellement des branches qui offrent de plus gros calibres (ex. chêne).	**Boisement de type chênaie diversifiée :** *Quercus sp. , Acer sp.* **Boisement clair (haies, lisières):** *Corylus avellana, Pomoïdeae, Prunus sp., Acer sp., Fraxinus sp.* **Boisement humide :** *Salix sp. Populus sp., Corylus avellana, Fraxinus sp.* **Mesures de largeurs de cernes :** Moy. = 0,68 mm (N=1 ; Ec-type = 0 mm) La moyenne constatée correspond à des contextes de croissance difficiles (boisements denses, sols pauvres ?).

Fig. 23 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour le prélèvement de la structure 106.

Inventaire des prélève-ments et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Prélèvement du comblement de la structure 30 : fosse circulaire du 7ème siècle	chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*), noisetier (*Corylus avellana*), genre *Prunus,* charme (*Carpinus sp.*), érable (*Acer sp.*), famille des Pomoïdées, hêtre (*Fagus sylavtica*), saule (*Salix sp.*), aulne (*Alnus sp.*)	**Rejets de combustion ouverte** L'observation des courbures de cerne indique que la plupart des fragments proviennent de bois de petit calibre. En effet, seuls deux charbons montrent des courbures de cernes qualifiées « d'intermédiaires » (deux fragments de chêne), tous les autres ont des courbures fortes. En ce qui concerne l'aspect des charbons, on constate des aspects luisants pour environ 30% des fragments. Cet aspect que l'on peut mettre en relation avec un premier niveau de vitrification, est probablement lié à des effets de combustion chauds et anaérobies assez localisés peut-être des fonds de foyers et le phénomène a pu être favorisé par le petit calibre des bois utilisés (Oilic, 2011). Compte tenu de la faible proportion de ces charbons « luisants », il s'agit probablement de rejets de combustions ouvertes (ex. foyer). La phase d'entretien de la combustion a été assurée principalement avec du bois de chêne (seuls les fragments de chêne correspondent à du bois de moyen calibre), mais aussi probablement par du petit bois d'érable, de charme et de hêtre qui sont aussi d'excellents combustibles. Ils sont énergétiques à la combustion et leurs braises durent longtemps et rayonnent beaucoup. Les autres essences telles que le *Prunus*, le bois de Pomoïdée, de noisetier, de saule voir d'aulne, sont des bois plus tendres. Ces bois s'enflamment rapidement mais durent peu. Ils ont probablement été utilisés lors de phases d'allumage. Le calcul de l'indice de concentration de Pareto permit de montrer que les proportions entre essences semblent assez fidèles aux proportions de végétations ligneuses qui devaient exister dans l'aire de ramassage. Si l'on en croit cet indice, la composition anthracologique constatée est probablement issue de ramassages de « tout venant », peu sélectifs et plutôt associés à des usages domestiques.	**Boisement de type chênaie - hêtraie :** *Quercus sp. , Fagus sylvatica, Acer sp., Carpinus sp.* **Boisement clair (haies, lisières):** *Corylus avellana, Pomoïdeae, Prunus sp., Acer sp.,* **Boisement humide :** *Salix sp. Alnus sp., Corylus avellana.* **Mesures de largeurs de cernes :** Moy. = 1,39 mm (N=2 ; Ec-type = 0 mm) La moyenne constatée correspond à des contextes de croissance difficiles (boisements denses, sols pauvres ?).

Fig. 24 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour le prélèvement de la structure 30.

- ***Informations d'ordre environnemental***

Une douzaine 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 usages du combustible et aux aléas des aires de ramassages.

L'identification des taxons ligneux permet de proposer différentes associations écologiques (Rameau *et al.*, 1989) que l'on retrouve dans les deux ensembles :

- les groupements forestiers de la **chênaie diversifiée** avec le chêne (*Quercus sp.*), le chêne-châtaignier (*Quercus sp. / Castanea sp.*), l'érable (*Acer sp.*), mais probablement aussi de **la chênaie-hêtraie** (chêne, hêtre, charme, érable) pour le prélèvement de la structure 30. 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-ouest de la France pour ces périodes (Gaudin, 2004).

- les **lisières forestières, haies, associations héliophiles de sous-bois** : avec la détection du noisetier (*Corylus avellana*), des Pomoïdées (*Pomoïdeae*), du genre *Prunus*, de l'érable (*Acer sp.*) et du frêne (*Fraxinus sp.*). Ces essences attestent l'existence d'espaces ouverts ou clairsemés dans les aires de ramassage. Ces formations sont détectées dans les deux lots anthracologiques.

- **les boisements hygrophiles** sont perçus avec le saule (*Salix sp.*), le saule-peuplier (*Salix sp. - Populus sp.*) voire aussi avec le noisetier, le frêne (*Fraxinus sp.*) et l'aulne (*Alnus sp.*). Ces boisements pourraient provenir d'une zone humide, de bords de cours d'eau (ex. la rivière de *L'Aure* située à proximité) ou depuis une zone alluviale.

Ces trois formations ont été identifiées dans les deux lots anthracologiques. Les aires de ramassage semblent donc avoir recoupé de mêmes écosystèmes. Cela témoigne aussi d'une persistance des habitudes de collectes mais aussi des grands traits paysagers entre les deux périodes.

Les mesures de largeurs de cernes réalisées sur les fragments de chêne de gros et moyen calibre ont permis de calculer des moyennes pour les deux prélèvements, mais celles-ci sont à considérer avec beaucoup de prudence car très peu de charbons ont pu être mesurés. Nous constatons des valeurs moyennes très faibles, 0,68 mm / an (pour la structure 106) et 1,39 mm / an (pour la structure 30). Ces valeurs correspondraient à des croissances difficiles, en liaison avec des contextes abiotiques (ex. sols pauvres, contraintes hydriques...) et/ou biotiques contraignants (compétition vis-à-vis des ressources, ex. chênaies denses).

- ***Informations d'ordre technique :***

Les analyses anthracologiques des deux structures a révélé des compositions constituées de fragments provenant de bois de petit à moyen calibre.

L'aspect « luisant » est un caractère détecté à l'intérieur des deux ensembles charbonneux, mais dans des proportions relativement faibles (environ 30% des charbons). Ces aspects correspondent à un premier niveau de vitrification. Il est probable que le phénomène ait été favorisé par le calibre assez modeste des bois (Oilic, 2011), mais aussi par des conditions de combustion réductrices et de fortes températures localisées peut-être dans le fond des foyers. L'hypothèse de rejets de combustions ouvertes, de types « foyers domestiques » semble la plus probable.

Les compositions anthracologiques intègrent des essences qualifiées de bois « durs » ou denses (ex. chêne, hêtre, charme, érable, frêne). Les quelques fragments montrant des courbures de cerne « intermédiaires » proviennent systématiquement de ces essences. Les bois durs sont difficiles à enflammer mais plus énergétiques à la combustion. Ils génèrent notamment des braises qui rayonnent et durent plus longtemps que la plupart des autres essences de feuillus. Ils correspondent probablement aux bois utilisés pour l'entretien des combustions.

D'autres essences « accompagnatrices » (saule, saule/peuplier, Pomoïdée, *Prunus*, noisetier) semblent provenir uniquement de brindilles ou de petites branches. Elles correspondent probablement à des restes de bois d'allumage.

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.

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 nortn-western France*. Journal of Archaeological Science. p. 1417-1433

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6. ANNEXE – Photographies

Fig. 25 – Fragment de noisetier (*Corylus avellana*). Coupe transversale. Grossissement x28. L'échelle représente des millimètres. Prélèvement de la structure 30.

Fig. 26 – Fragment de noisetier (*Corylus avellana*). Détail d'une perforation scalariforme. Coupe radiale. Prélèvement de la structure 30. Grossissement x400.

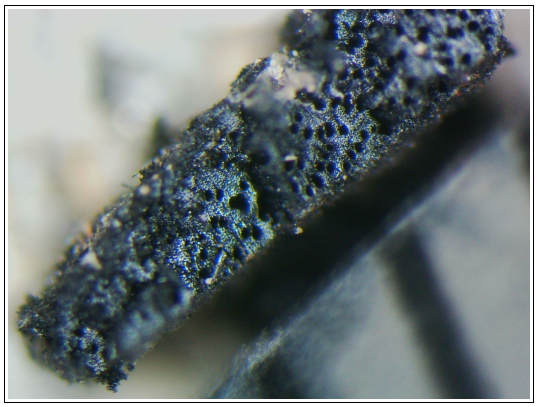


Fig. 27 – Fragment de saule (*Salix sp.*). Coupe transversale. Prélèvement de la structure 30. Grossissement x42. L'échelle représente des millimètres.

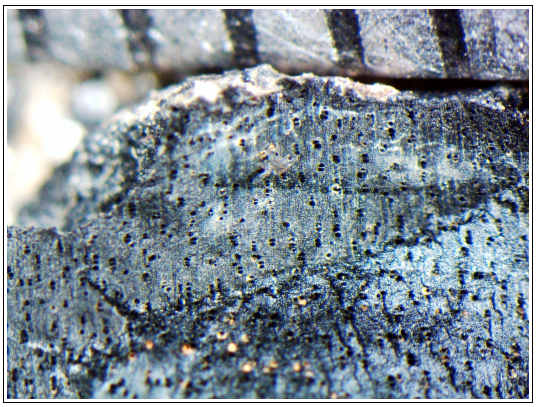


Fig. 28 - Fragment d'érable (*Acer sp.*) de forte courbure de cerne. Prélèvement de la structure 106. Grossissement x24. L'échelle représente des millimètres.

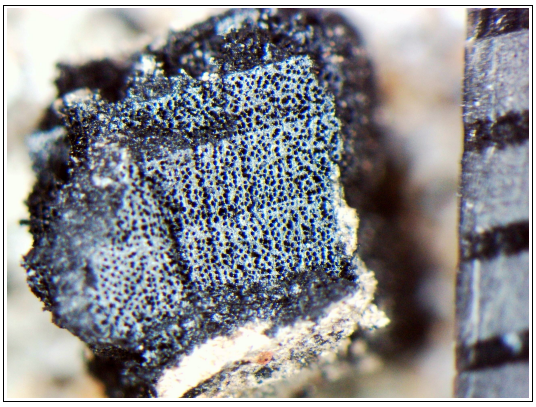


Fig. 29 - Fragment de Pomoïdée (*Pomoideae*). Prélèvement de la structure 30. Grossissement x24. L'échelle représente des millimètres.

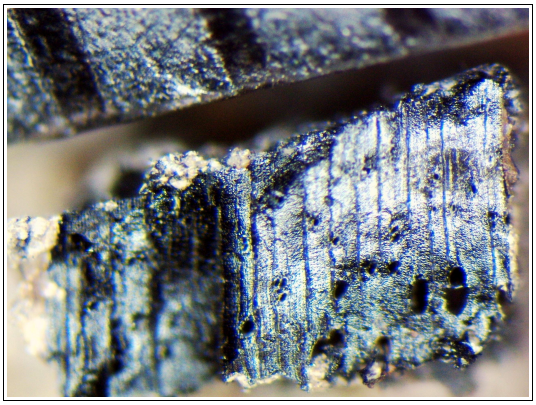


Fig. 30 - Fragment de frêne (*Fraxinus sp.*). Prélèvement de la structure 106. Grossissement x43. L'échelle représente des millimètres.

Fig. 31 - Fragment de chêne (*Quercus sp.*) d'aspect luisant. Prélèvement de la structure 30. Grossissement x25. L'échelle représente des millimètres.

Fig. 32 - Fragment de hêtre (*Fagus sylvatica*). Prélèvement de la structure 30. Grossissement x23. L'échelle représente des millimètres.