



ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

ANALYSE DES FRAGMENTS CHARBONNEUX PRÉLEVÉS LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE D'UN HABITAT DE L'ÂGE DU BRONZE, AU LIEU-DIT « LES TERRES DE SOULAS », SUR LA COMMUNE DE SANDILLON (45).



**Service de l'archéologie préventive
Département du Loiret**

Novembre 2022

Service de l'archéologie préventive

Département du Loiret

Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération archéologique d'un habitat de l'Age du Bronze, au lieu-dit « Les Terres de Soulas », sur la commune de Sandillon (45).

Opération : Déviation déviation de la route départementale 921, Loiret, 45, contournement de Jargeau, de Janvier à Mars 2022.

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

Novembre 2022

Illustration de la page de couverture :

Fragment de chêne (Quercus sp.), vue en coupe transversale montrant une forte courbure de cerne, grossissement x10 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement n°21 (Fait EA 1058, US 10155).

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.....	17
3.1. Prélèvements provenant de divers comblements de fosses	17
a. Résultats	17
- Prélèvement n°1 (EA 1035 – US 10027).....	17
- Prélèvement n°2 (EA 1034 – US 10029).....	17
- Prélèvement n°3 (EA 1042 – US 10056).....	18
- Prélèvement n°4 (EA 1023 – US 10064).....	18
- Prélèvement n°5 (EA 1010 – US 10052).....	19
- Prélèvement n°6 (EA 1010 – US 10052).....	19
- Prélèvement n°8 (EA 1036 – US 10071).....	19
- Prélèvement n°9 (EA 1010 – US 10068).....	20
- Prélèvement n°10 (EA 1078 – US 10053).....	20
- Prélèvement n°11 (EA 1086 – US 10084).....	20
- Prélèvement n°32 (EA 1086 – US 10084).....	20
- Prélèvement n°18 (EA 1061 – US 10149).....	21
b. Interprétations	23
4. BILAN.....	26
5. BIBLIOGRAPHIE.....	29
6. ANNEXE – Photographies.....	31

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors d'une opération archéologique préventive menée au lieu-dit « Les Terres de Soulas » dans le cadre d'une future déviation de la route départementale 921, contournement de Jargeau, de Janvier à Mars 2022.

La commune de Sandillon est située à une vingtaine de kilomètres au sud-est d'Orléans. Le tracé de la future route traverse le Val de Loire. La fouille d'une surface d'environ 10000 m², concerne un segment routier situé dans le lit majeur de La Loire.

La fouille a mis au jour un habitat de la fin de l'Âge du Bronze comprenant une trentaine de fosses de stockage et de fosses-dépotoirs ainsi qu'une trentaine de trous de poteaux associés à de potentiels bâtiments. Les quatorze prélèvements anthracologiques correspondent aux comblements de fosses.

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. Correspondent-ils à des restes de bois d'œuvre ou de combustible (rejets de foyer?).
- 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 Emilien Estur, responsable d'opération.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

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 effectués par Arkéomap (mailles de 5 et 2 mm).

L'ensemble des échantillons a été étudié. 600 charbons ont été observés.

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE				
Site :		Sandillon (45)		
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		Les Terre de Soulas		
Année de fouille :		2022		
N° OA :		déviation de la route départementale 92 contournement de Jargeau		
Resp. d'Op.		Emilie Estur		
Type d'opération :		Archéologie préventive		
Période d'analyse pressentie		2022		
Identifiants prélèvements	US	Faits	Description	Effectifs étudiés
PRV n°1 : US 10027, EA (Fait) 1035			une fosse au comblement argileux brun-gris. Seau de 50 cl	70
PRV n°2 : US 10029, EA 1034			sédiment et charbons de bois réalisé dans une fosse au comblement argilo-limoneux gris-beige. Seau de 50 cl	50
PRV n°3 : US 10056, EA 1042			charbons de bois réalisé dans une fosse au comblement sableux-argileux brun-gris. Seau de 10 L	50
PRV n°4 : US 10064, EA 1023			sédiment et charbons de bois réalisé dans une fosse au comblement argileux brun. Seau de 10 L	50
PRV n°5 : US 10052, EA 1010			sédiment et charbons de bois réalisé dans une fosse au comblement argileux noir. 2 seaux de 50 cl	30
PRV n°6 : US 10052, EA 1010				10
PRV n°8 : US 10071, EA 1036			fosse comblée d'un sédiment sableux-argileux brun-gris avec quelques charbons. Seau de 10 L	15
PRV n°9 : US 10068, EA 1010			sédiment et charbons de bois réalisé dans une fosse au comblement limono-sableux brun-noir. Seau de 50 cl	30
PRV n°10 : US 10053, EA 1078			sédiment et charbons de bois réalisé dans une fosse au comblement limoneux brun. Seau de 50 cl	15
PRV n°11 : US 10084, EA 1086			sédiment et charbons de bois réalisé dans une fosse au comblement limoneux brun foncé. 2 seaux de 50 cl	18
PRV n°32 : US 10084, EA 1086				21
PRV n°18 : US 10149, EA 1061			sédiment et charbons de bois réalisé dans une fosse au comblement argileux gris. 1 seau de 50 cl	71
PRV n°21 : US 10155, EA 1058,			sédiment et charbons de bois réalisé dans une fosse au comblement argileux peu sableux gris brun. 1 seau de 50 cl	70
PRV n°23 : US 10201, EA 1073			sédiment et charbons de bois réalisé dans une fosse au comblement argilo-sableux gris. 1 seau de 50 cl	100
				600

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

Afin d'avoir une idée de la représentativité de la diversité taxonomique à l'intérieur des échantillons étudiés, il est courant de calculer des courbes « effort-rendement » (Chabal, 1997 et Chabal *et al.*, 1999). Le principe de cette courbe repose sur la

mise en perspective du rang des identifications des taxons afin de déterminer des seuils, ou effectifs, au delà desquels l'apport de nouvelles essences ne paraît plus « rentable ».

Pour l'exemple du prélèvement n°3 (EA 1042, US 10056), seulement trois essences ont été identifiées. La courbe effort-rendement montre un seuil situé entre 10 et 20 fragments (Fig. 2), mais compte tenu de la faible diversité taxonomique, cette courbe n'est pas très démonstrative.

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 de 10 à 70 charbons par lot.

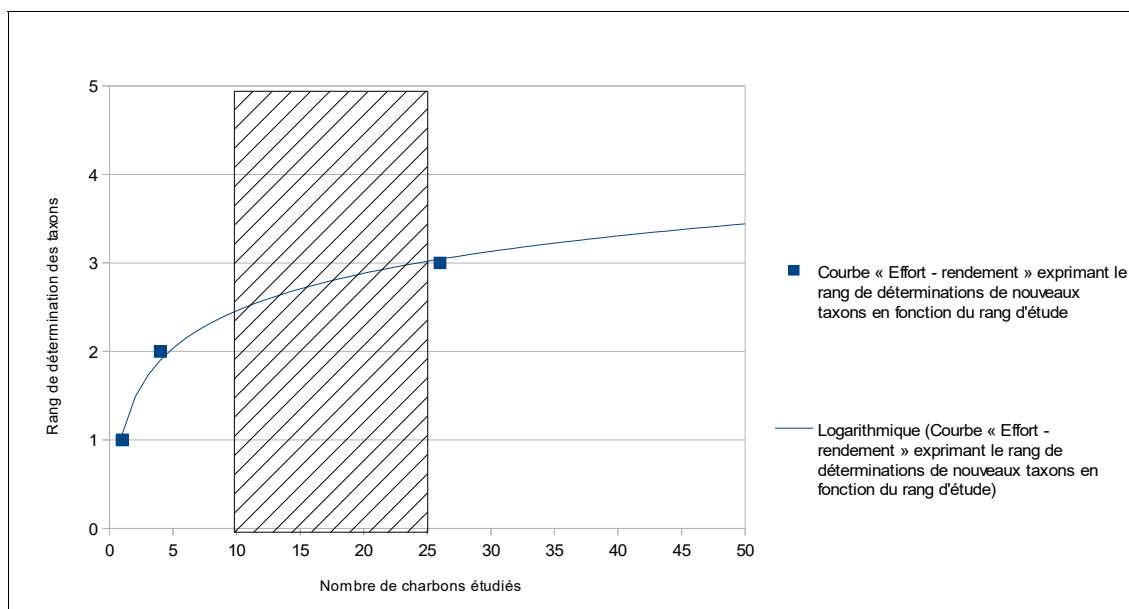


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°3 (Fait EA 1042, US 10056). Dans cet exemple, le troisième taxon (*Fraxinus sp.*) a été observé au 26e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 10 et 25 charbons.

2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION

2.1. Équipement d'observation

Les observations microscopiques ont été réalisées au sein du laboratoire ArkéoMap (Stéréomicroscope Olympus SZX7, grossissements x10 à x60 et microscopes Olympus CX40 ou BX60 à lumière incidente, grossissements de x50 à x1000). L'utilisation d'atlas d'anatomie du bois (Schweingruber, 2011), les traitements numériques et l'élaboration du rapport ont été effectués au sein de la structure ArkéoMap. Des référentiels anthracologiques ont pu être consultés au sein du laboratoire de l'UMR 6566 « CReAAH » à l'Université de Rennes1.



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

2.2. Méthodologie

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

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

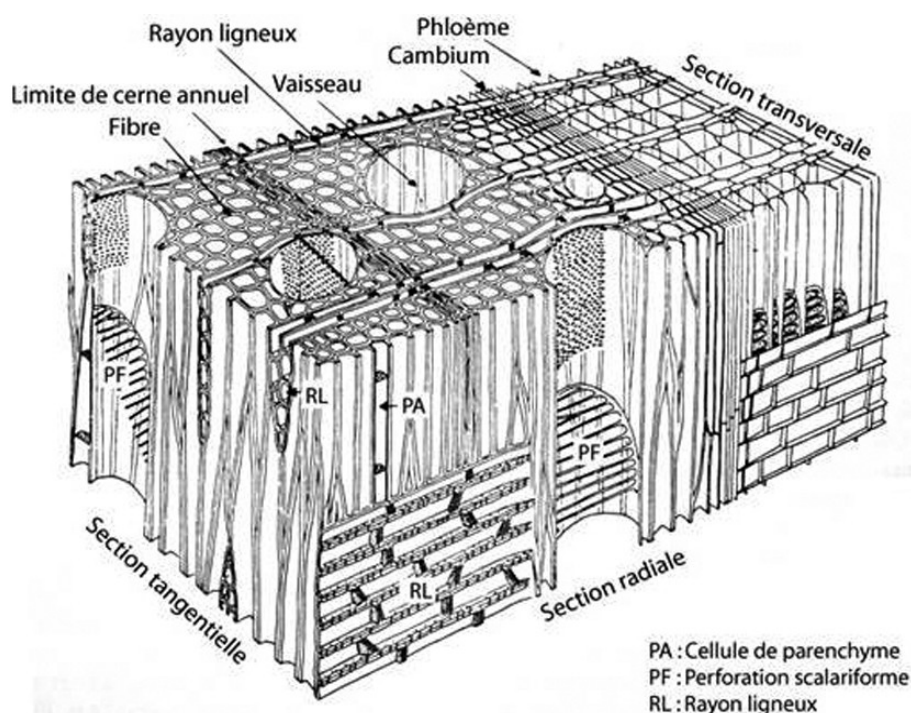


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

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

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

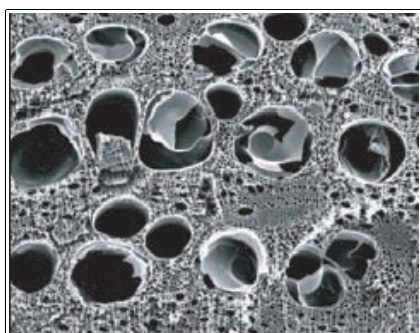
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- **le rythme de croissance**

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

- **la présence de thylles**

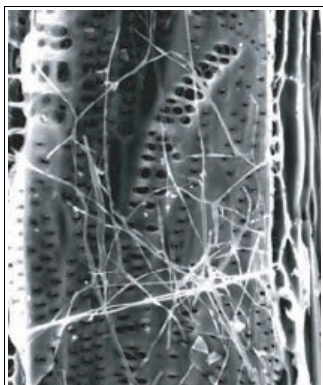
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne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



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

Fig. 5 – Thylles dans du duramen carbonisé de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

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



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

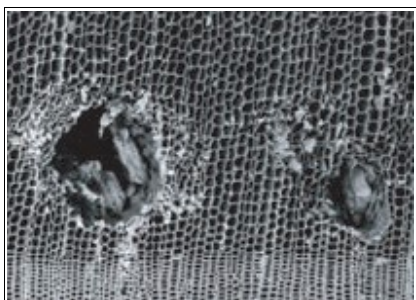
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

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

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

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

- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.



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

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

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

- la présence de fentes radiales de retrait et vitrification.



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

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

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

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des petites pièces de bois (Oilic, 2011). Selon Marguerie *et al.* (2010), elle est la conséquence de conditions spécifiques de combustion ou de taphonomie, voire d'un état particulier du bois avant le passage au feu. Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation des tissus, une apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 1982). Prior et Alvin y voient la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior et Alvin, 1986), néanmoins ce seul critère serait remis en cause par McParland *et al.*, (2010). De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaérobies" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer ce phénomène de vitrification selon Blaizot *et al.* (2004). Selon H. Seignac (Nicolas *et al.*, 2013), la vitrification demeure un phénomène qui n'a jamais été reproduit en contexte expérimental mais on retrouve des charbons vitrifiés dans deux types de structures : les fours de réduction et les charbonnières. Elle reste un phénomène complexe, dépendant à la fois de la nature du combustible (bois vert ou sec, calibre, essence) et de son contexte de combustion (température, degré d'oxygénation).

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

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

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

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

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

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

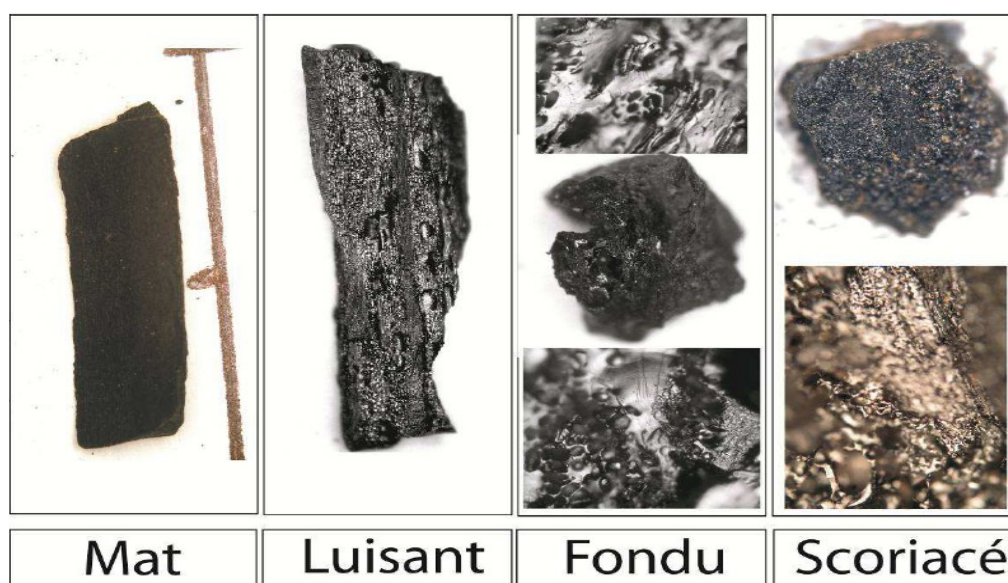
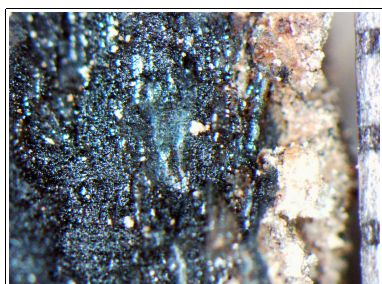


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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



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

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

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

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

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

2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

- Observations de caractères dendrologiques :

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

- Mesures des largeurs moyennes de cernes ou croissance radiale :

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

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

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

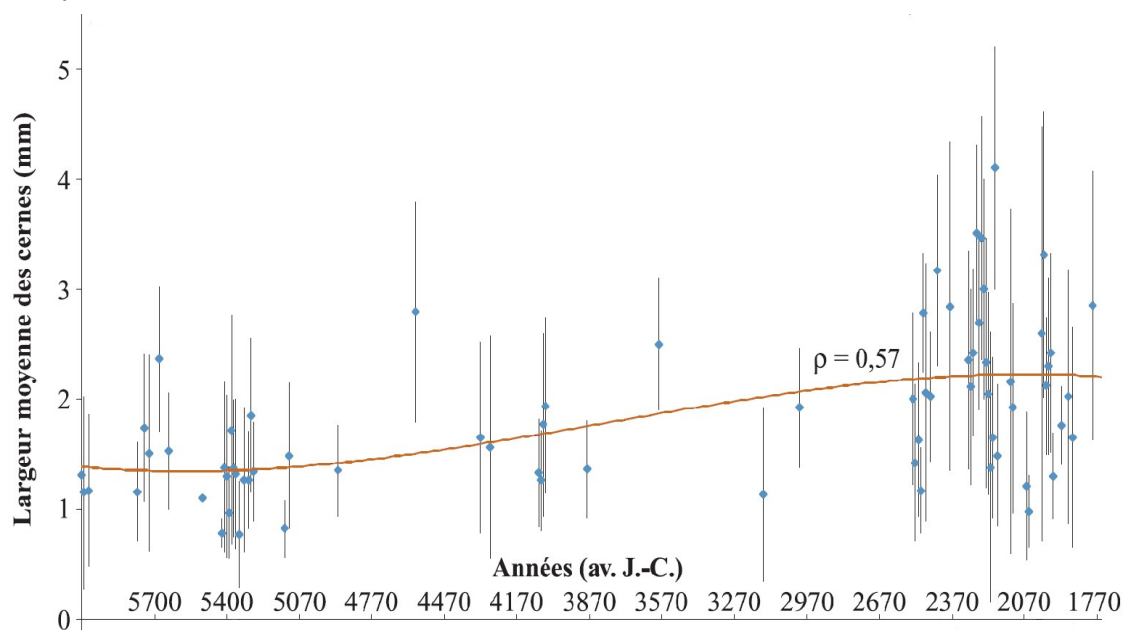


Fig. 11 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie *et al.*, 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 36). On constate des valeurs comprises entre 1 et 2 mm au cours du Néolithique puis une augmentation régulière de ces valeurs au moins jusqu'au début de l'Antiquité. Cette évolution est principalement interprétée par l'effet de l'ouverture du paysage. Les boisements fermés du Néolithique se concrétisent par des croissances difficiles (moyennes des largeurs de cerne comprises entre 1 et 2 mm) et vont progressivement céder la place à des boisements plus clairs et des formations de types lisières, haies, plus favorables à la croissance des arbres (moyennes comprises entre 4 mm et 1 mm). On note toutefois une hétérogénéité des valeurs durant l'Age du fer indiquant probablement la coexistence de milieux plus ouverts mais aussi de milieux fermés.

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

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

- Estimation du calibre des arbres, recherche du diamètre des arbres utilisés : Mesures des calibres

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

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 12). Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera la provenance d'au moins une pièce de bois de gros calibre : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

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

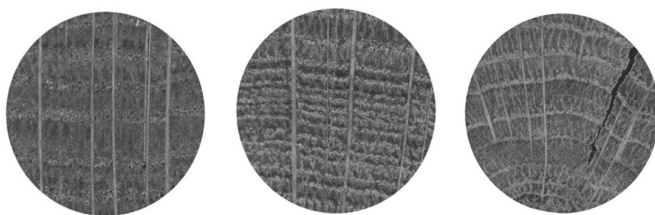


Fig. 12 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

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

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

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

Le châtaignier (*Castanea sp.*) aurait une distribution naturelle en Corse, sur le pourtour méditerranéen et sans doute dans quelques points des Cévennes et des Pyrénées Orientales. Il a été planté partout ailleurs. C'est une espèce relativement thermophile, héliophile ou de demi-ombre que l'on retrouve plutôt sur les sols pauvres en bases et calcaires : sols de pH assez acides. De plus, il est favorisé par les sols assez secs à assez frais. On trouve cette espèce associée aux bois et forêts acidiphiles (ex. chênaies pubescentes sur sols acides). Il fournit un bois hétérogène et à densité assez élevée, il se travaille bien et se débite très bien par fendage. C'est cependant un bois de chauffage moyen, à utiliser en foyer fermé à cause de projections d'escarbilles. Le châtaignier éclatant à la combustion brûle assez rapidement et génère généralement très peu de charbons, ce qui pourrait expliquer sa faible représentation dans les études anthracologiques.

Remarque sur la détection du châtaignier :

La présence du châtaignier (*Castanea sp.*) sur ce site reste très hypothétique car c'est la détection d'un critère anatomique (les rayons multisériés) qui permet de le différencier du chêne. Or, sur les petits fragments, l'absence de ce critère n'est pas forcément significatif du châtaignier, d'où la nécessité du taxon anthracologique « chêne-châtaignier » (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*).

Un fragment de **frêne** (*Fraxinus sp.*) a été identifié dans le prélèvement n°3 (Fig. 40). 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.

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. Il est identifié exclusivement dans le prélèvement n°5 (Fig. 35).

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.

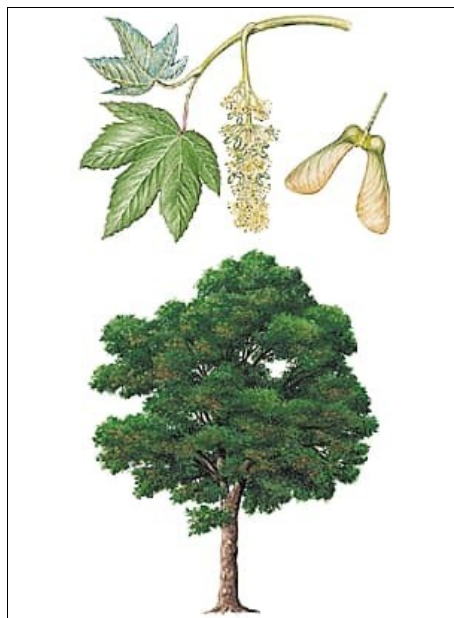


Fig. 13 – Représentation de l'érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

3.1. Prélèvements provenant de divers comblements de fosses

a. Résultats

- Prélèvement n°1 (EA 1035 – US 10027)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	
Indéterminé	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Quercus/Castanea	26	0	4	0	0	0	1	9	1	0	2	0
Quercus sp.	37	1	10	7	4	4	5	9	2	0	2	4

Fig. 14 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°1.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	4	10	3,29	2,28	1,2	5,5

Fig. 15 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°1.

- Prélèvement n°2 (EA 1034 – US 10029)

		Courbure			Rythme		Combustion							
Nom Espèce	Effectif	Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux – indet.	Thylle
Quercus/Castanea	6	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
Quercus sp.	44	0	19	13	8	2	1	21	8	0	0	3	1	8

Fig. 16 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°2.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	6	9	1,83	0,91	0,7	3

Fig. 17 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°2.

- Prélèvement n°3 (EA 1042 – US 10056)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Fraxinus sp.	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Quercus/Castanea	29	0	4	2	3	0	0	5	5	0	1	0
Quercus sp.	20	0	7	4	3	2	2	3	6	0	1	1

Fig. 18 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°3.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	3	6	1,9	1,55	0,88	3,68

Fig. 19 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°3.

- Prélèvement n°4 (EA 1023 – US 10064)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	20	0	3	1	0	0	0	2	0
Quercus sp.	26	0	9	5	5	1	0	0	1

Fig. 20 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°4.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Intermédiaire	Régulier	5	14	0,93	0,28	0,61	1,35

Fig. 21 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°4.

- Prélèvement n°5 (EA 1010 – US 10052)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				Thylle	Insecte
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fendu / Luisant / noeud		
Acer sp.	22	0	2	13	0	0	0	0	0	0	0	7
Quercus/Castanea	5	0	1	2	1	0	0	1	0	1	2	0
Quercus sp.	3	0	2	0	2	0	0	1	1	0	0	0

Fig. 22 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°5.

- Prélèvement n°6 (EA 1010 – US 10052)

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

Fig. 23 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°6.

- Prélèvement n°8 (EA 1036 – US 10071)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Indéterminé	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	8	0	0	2	0	0	0	0	1	1

Fig. 24 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°8.

- Prélèvement n°9 (EA 1010 – US 10068)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Indéterminé	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	8	0	0	2	0	0	0	0	1	1

Fig. 25 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°9.

- Prélèvement n°10 (EA 1078 – US 10053)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Indéterminé	10	0	0	0	0	0	0	1	0
Quercus/Castanea	3	0	0	1	0	0	0	0	0
Quercus sp.	2	1	0	0	0	0	0	1	0

Fig. 26 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°10.

- Prélèvement n°11 (EA 1086 – US 10084)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	8	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0
Quercus sp.	9	0	0	2	1	0	0	1	2	0	0	2

Fig. 27 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°11.

- Prélèvement n°32 (EA 1086 – US 10084)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	1
Quercus/Castanea	9	0	0	0	0	0	0	2	1
Quercus sp.	7	0	3	0	2	0	0	1	0

Fig. 28 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°32.

- Prélèvement n°18 (EA 1061 – US 10149)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux – indet.	
Indéterminé	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Quercus/Castanea	45	0	1	1	1	0	1	20	2	0	2	0	0	2
Quercus sp.	22	1	11	1	9	0	0	9	3	0	1	0	0	4

Fig. 29 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°18.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Intermediaire	Régulier	9	20	1,4	0,69	0,61	2,36

Fig. 30 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°18.

- Prélèvement n°21 (EA 1058 – US 10155)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	32	1	3	1	0	0	1	3	5	0	1	0
Quercus sp.	36	2	16	5	8	1	2	7	8	0	0	4

Fig. 31 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°21.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	8	30	1,22	0,77	0,55	2,7

Fig. 32 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°21.

- Prélèvement n°23 (EA 1073 – US 10201)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux – indet.	
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	54	1	12	6	0	1	0	14	5	0	3	0	0	0
Quercus sp.	43	6	19	6	12	0	3	5	3	0	1	0	1	2

Fig. 33 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°23.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	12	18	2,93	0,94	0,98	4,4

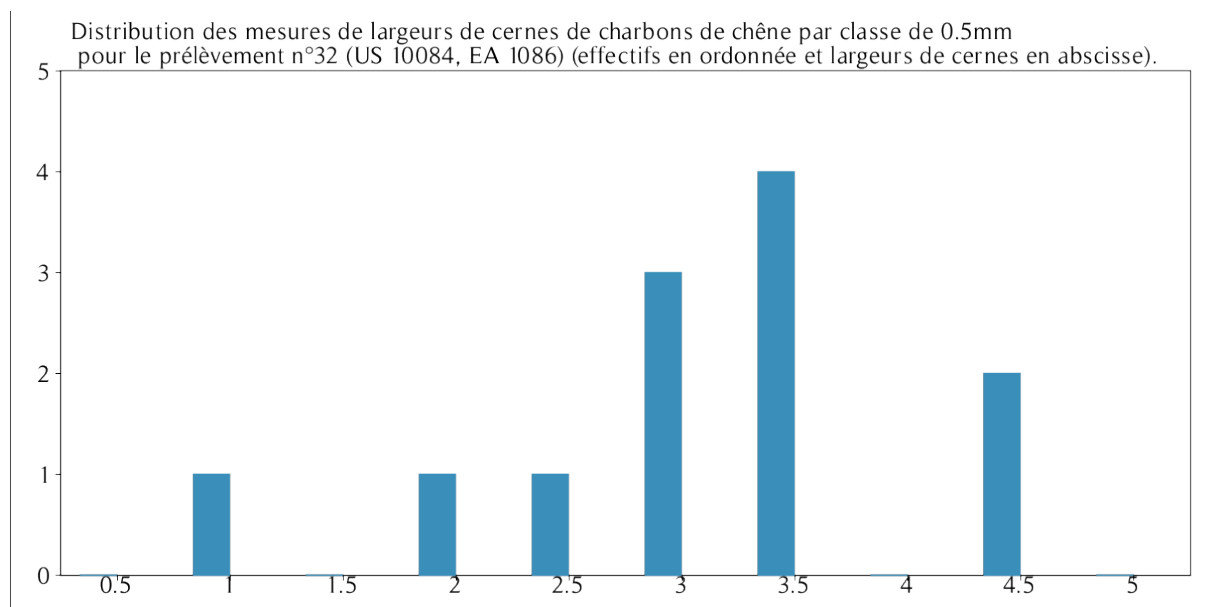


Fig. 34 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°23.

b. Interprétations

Assez peu de différences ont été observées entre les différents lots anthracologiques. Ces ensembles charbonneux pourraient provenir de rejets d'un même « type de combustion », voire d'un même type d'activité.

Seulement quatre taxons anthracologiques ont été identifiés pour l'ensemble des prélèvements. Il s'agit principalement de charbons de chêne (*Quercus sp.*) et du chêne-châtaigner (*Quercus sp. - Castanea sativa*). L'érable (*Acer sp.*) a été identifié de façon majoritaire dans le prélèvement n°5 et un fragment de frêne (*Fraxinus sp.*) a aussi été observé dans le prélèvement n°3.

Le taxon anthracologique « chêne-châtaigner » (*Quercus sp. / Castanea sp.*) est surtout lié à la difficulté de distinguer le chêne du châtaignier pour les petits fragments (cf. note à ce sujet chapitre 2.4.). L'hypothèse de la présence du châtaignier n'est toutefois pas totalement à exclure. En effet, la proportion de ce taxon représente souvent près de la moitié des effectifs et est même parfois majoritaire dans plusieurs prélèvements (n°3, n°6, n°9, n°11, n°18, n°21, n°23, n°32). L'observation d'un fragment de section entière serait malgré tout nécessaire pour valider cette hypothèse, ce qui n'a pas été le cas... En effet, la bibliographie archéobotanique indique que le châtaignier semble se développer qu'à partir l'époque gallo-romaine dans le nord-ouest de la France (Gaudin, 2004) et dans le Bassin parisien (Leroyer *et al.*, 2006 ; David *et al.*, 2012), où il est d'ailleurs utilisé comme marqueur pollinique de la phase récente du Subatlantique (zone d'assemblage pollinique régionale n°X du bassin parisien, à partir de l'Antiquité). La présence du châtaignier dans l'environnement de cette occupation de l'âge du Bronze reste donc hypothétique.

Les charbons d'érable sont identifiés uniquement dans le prélèvement n°5, mais en forte proportion puisqu'ils représentent plus de la moitié des charbons de ce lot. A noter que cette essence a des qualités de combustibilité semblables au chêne (bois semi-lourd). On note de nombreuses traces de xylophage, signe d'un ramassage de bois mort. Il a peut-être été stocké un certain temps avant d'être brûlé.

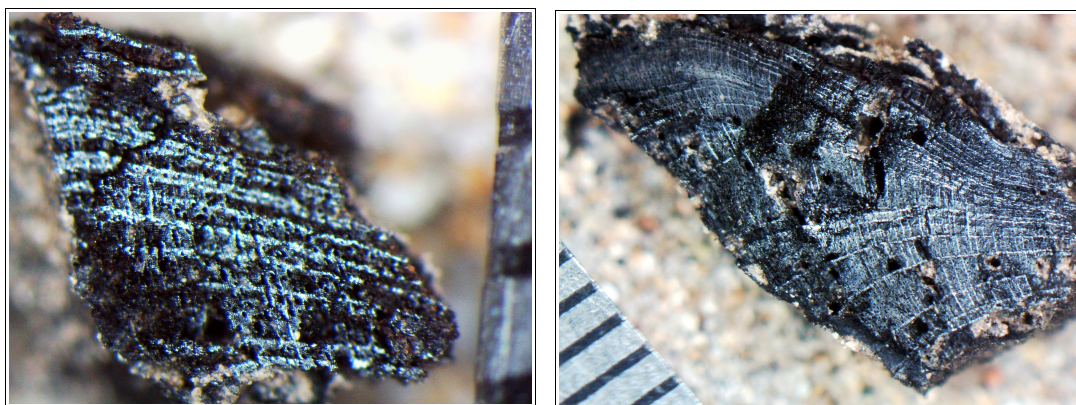


Fig. 35 - Vue de Gauche : coupe transversale, d'un fragment d'érable de forte courbure de cerne, prélèvement n°5, grossissement x30, l'échelle représente des millimètres. A noter les largeurs de cerne très faibles. Vue de droite : coupe transversale d'un fragment d'érable de forte courbure de cerne montrant de nombreuses galeries de xylophage, prélèvement n°5, grossissement x8, l'échelle représente des millimètres.

De façon globale ce sont des bois de moyens calibres qui ont été utilisés. En effet, lorsque la courbure de cerne a pu être identifiée, ce sont en majorité des fragments avec une courbure de cerne intermédiaire qui sont observés (environ 38% des fragments dont la courbure de cerne a été identifiée, Fig. 36). Ce constat est renforcé par la faible fréquence des observations de thylles (10% des charbons suelement), caractéristiques de bois de cœur et fortement représentés dans les bois de gros calibre. Les fragments montrant une faible courbure de cerne ne représentent d'ailleurs que 4% des charbons de chêne. Les charbons proviennent donc essentiellement de petites et moyennes branches.

	Nb de fragments de Chêne	Courbures de cernes (pourcentages)			Aspects (pourcentages)			Moy. Largeur cerne	Div-ersité	Essences observées	Effectifs étudiés
		faible	intermédiaire	forte	Luisant	fendu	thylle				
PRV n°1 : US 10027, EA (Fait) 1035	37	3%	27%	19%	35%	19%	11%	2,28	2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	70
PRV n°2 : US 10029, EA 1034	44	0%	43%	30%	73%	20%	18%	1,83	2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	50
PRV n°3 : US 10056, EA 1042	20	0%	35%	20%	45%	40%	5%	1,9	3	Fraxinus sp. ; Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	50
PRV n°4 : US 10064, EA 1023	26	0%	35%	19%	4%	4%	0%	0,93	2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	50
PRV n°5 : US 10052, EA 1010	3	0%	67%	0%	67%	33%	0%		3	Acer sp. ; Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	30
PRV n°6 : US 10052, EA 1010	5	0%	40%	0%	0%	0%	0%		2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	10
PRV n°8 : US 10071, EA 1036	8	0%	0%	25%	13%	13%	13%		2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	15
PRV n°9 : US 10068, EA 1010	10	10%	40%	20%	70%	30%	10%		2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	30
PRV n°10 : US 10053, EA 1078	2	50%	0%	0%	50%	0%	0%		2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	15
PRV n°11 : US 10084, EA 1086	9	0%	0%	22%	33%	22%	22%		2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	18
PRV n°32 : US 10084, EA 1086	7	0%	43%	0%	14%	0%	0%		2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	21
PRV n°18 : US 10149, EA 1061	22	5%	50%	5%	59%	18%	18%	1,4	2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	71
PRV n°21 : US 10155, EA 1058,	36	6%	44%	14%	42%	28%	11%	1,22	2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	70
PRV n°23 : US 10201, EA 1073	43	14%	44%	14%	21%	14%	5%	2,93	2	Quercus sp. ; Q. / Castanea sp.	100
Global	272	4%	38%	17%	39%	19%	10%				600

Fig. 36 - Résultats synthétiques concernant l'ensemble des prélèvements anthracologiques. Les résultats de courbure de cerne, d'aspect et de moyennes des largeurs de cerne concernent exclusivement les charbons de chêne (*Quercus sp.*).

Environ 40 % des fragments de chêne (Fig. 36) avaient un aspect luisant, voire dans quelques cas, très brillant donnant l'effet d'irisations ou de traces orangées en surface. Ces traces orangées, minérales (?), mal identifiées (cf. image de droite Fig. 37) ont été identifiées dans les prélèvements n°1 et n°2. Elles pourraient correspondre à des oxydes de fer(?) ou bien une migration de particules sédimentaires environnant les charbons (argiles de couleur rouge?).

Ce premier niveau de « vitrification » a pu être favorisé par le petit calibre des bois utilisés (Oilic, 2011), mais très probablement aussi par différents types de combustions. En effet, même si les phénomènes qui sont à l'origine de ces aspects ne sont pas encore parfaitement compris, il semble que des contextes de combustion anaérobies et de hautes températures soient favorables au processus de « vitrification » (Blaizot *et al.*, 2004). Notons dans le même temps la quasi absence de fragments aux aspects « fondus » ou « scoriacés » correspondant à des niveaux de vitrification plus importants provoqués par exemple par des combustions à l'intérieur de bas-fourneaux.

Ces charbons semblent donc provenir de combustions chaudes et confinées, de type « four » ou fond de foyer par exemple. Cet aspect vitrifié tendrait aussi à appuyer l'hypothèse de rejets de combustion, plutôt que des restes de bois d'œuvre (ex. de type clayonnage).

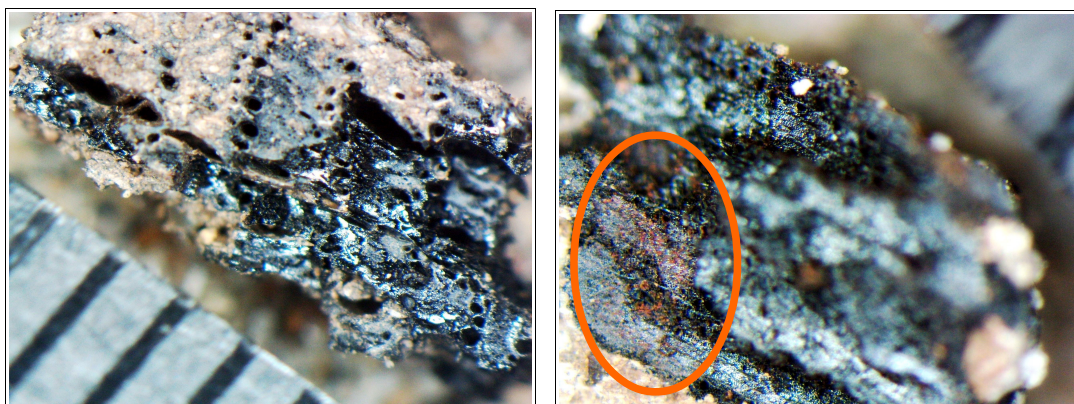


Fig. 37 - Vue de Gauche : coupe transversale, d'un fragment de chêne (*Quercus* sp.) d'aspect légèrement « fendu - luisant », prélèvement n°5, grossissement x17, l'échelle représente des millimètres. A noter les largeurs de cerne très faibles. Vue de droite : coupe transversale, d'un fragment de chêne (*Quercus* sp.) montrant un aspect « luisant » et des traces rouges-orangées « minérales » (oxydes de fer, ou terre?), prélèvement n°1, grossissement x31, l'échelle représente des millimètres.

En revanche, assez peu de charbons ont des aspects fendus ou fendus-luisants (environ 19%). Cela montre l'utilisation de bois relativement sec.

Le bois de chêne mais aussi de frêne et d'érable sont considérés comme des bois « durs ou lourds », voire de « semi-lourds » pour l'érable, et ils constituent ainsi de bons combustibles car leurs braises durent longtemps. Comme combustible, le chêne est surtout utilisé pour la montée et l'entretien des combustions. C'est en revanche une essence qu'il est difficile à enflammer, d'où l'intérêt de l'associer parfois à des brindilles ou des essences de bois tendres (ex. le saule, noisetier, bouleau) qui flambent bien et rapidement. Dans le cadre de cette étude, l'absence totale de ces bois d'allumage pose question car cela implique une phase d'allumage qui a dû être assez réduite (et non perçue) par rapport à la phase d'entretien des combustions. Ce fait aurait tendance à écarter l'hypothèse de rejets de foyers de « type domestiques », où le bois d'allumage est généralement bien représenté. L'hypothèse de rejets de combustion d'une activité artisanale (ex. four de potier ou de métallurgie) serait donc à privilégier.

En ce qui concerne l'image paléo-paysagère, les aires des ramassages semblent avoir touché à la fois des boisements de type « chênaie » (chênaies diversifiées ou chênaies-hêtraies ?) avec le chêne, le chêne-châtaignier et l'érable, des formations végétales plus ouvertes (lisières, haies) avec l'érable et le frêne, voire aussi des secteurs assez humides pour le frêne.

Les mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne de courbure faible et intermédiaire indiquent des moyennes de l'ordre de 1 à 2 mm / an (Fig. 24). Ces valeurs sont caractéristiques de collectes dans des chênaies aux contextes de croissance plutôt contraignants (boisements assez denses, sols pauvres, ou mal exposés ?).

4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. 600 fragments ont été observés pour les quatorze prélèvements (Fig. 1).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Prélèvements n°1 (US 10027), n°2 (US 10029), n°3 (US 10056), n°4 (US 10064), n°5 (US 10052), n°6 (US 10052), n°8 (US 10071), n°9 (US 10068), n°10 (US 10053), n°11 (US 10084), n°32 (US 10084), n°18 (US 10149), n°21 (US 10155), n°23 (US 10201),	chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaigner (<i>Quercus sp.</i> - <i>Castanea sativa</i>) Frêne (<i>Fraxinus sp.</i>), Erable (<i>Acer sp.</i>)	Rejets de combustion L'observation des courbures de cerne montre une majorité de fragments avec une courbure de cerne intermédiaire. Les fragments proviennent donc de bois de moyen calibre, probablement de branches. Pour l'ensemble des prélèvements anthracologiques, les essences observées (chêne, érable, frêne) sont des bois durs. Le chêne et « chêne-châtaigner » (taxon probablement artificiel) est l'essence principalement utilisée. Le chêne est un bois dur et constitue un excellent combustible pour alimenter des combustion dans la durée. En revanche, l'absence totale de bois d'allumage implique une phase d'allumage qui a dû être réduite par rapport à la phase d'entretien des combustions. Cela va plutôt à l'encontre de l'hypothèse de foyers de « type domestique », où le bois d'allumage est souvent bien représenté. L'hypothèse de rejet de combustion d'une activité type « artisanale » (poterie, métallurgie ?) est plausible. Une part importante des charbons montre un premier niveau de « vitrification » : aspect luisant. Ces charbons semblent donc provenir de combustions particulièrement chaudes et confinées (type four ?, fonds de foyers?).	Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> , <i>Castanea sativa</i> , Boisements ouverts, lisières : <i>Fraxinus sp.</i> , <i>Acer sp.</i> Boisements hygrophiles : <i>Fraxinus sp.</i> Mesures de largeurs de cerne : Moyennes de 0,93 mm / an à 2,93 mm / an. Globalement les mesures sont centrées autour de 1 à 2 mm. Les moyennes constatées correspondent à des contextes de croissance globalement difficiles (boisements denses, et/ ou sols pauvres).

Fig. 38 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associés aux prélèvements.

– **Informations d'ordre environnemental**

Trois à quatre taxons anthracologiques ont été identifiés dans cette étude. Le chêne et chêne-châtaigner ont été identifiés dans tous les prélèvements. L'érable et le frêne ont été identifiés respectivement dans les prélèvements n°5 et n°3.

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) :

- les groupements forestiers de la **chênaie diversifiée** avec le chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sativa*) et la **chênaie-hêtraie** avec le chêne (*Quercus sp.*), l'érable (*Acer sp.*) et le frêne (*Fraxinus sp.*),
- **les boisements clairs, lisières forestières et haies** : avec la détection du frêne (*Fraxinus sp.*) et de l'érable (*Acer sp.*),
- **les boisements humides** : avec le frêne (*Fraxinus sp.*).

Des mesures de largeurs de cernes réalisées sur les fragments de chêne de gros et moyen calibre ont permis de calculer des moyennes de largeurs de cernes de l'ordre de 1 à 2 mm. Ces résultats correspondent à des croissances plutôt difficiles, en liaison avec des contextes abiotiques (ex. sols pauvres, météorologie,...) et/ou biotiques contraignants (compétition vis-à-vis des ressources, ex. chênaie dense).

– **Informations d'ordre ethnographique :**

Les ensembles étudiés sont apparus assez semblables, composés essentiellement de fragments de chêne, chêne-châtaigner issus de petites et moyennes branches. Le combustible semble avoir été sélectionné par rapport à la qualité de combustibilité. En effet, les trois à quatre essences identifiées correspondent toutes à des bois lourds à semi-lourds conférant des combustions générant beaucoup de chaleur et dont les braises durent longtemps.

L'aspect « luisant » d'une part assez importante des charbons (environ 40%) est à noter. Ces charbons sont probablement issus de combustions chaudes en milieu anaérobie, probablement de type « four », voire de fonds de foyers.

Aucun reste de bois d'allumage (ex. bois tendre de type noisetier, peuplier, aulne...) n'a été identifié, ce qui tendrait à exclure l'hypothèse de rejets de foyer domestique au profit plutôt de combustions utilisées dans le cadre d'activités « artisanales » (ex. activités de poterie, de métallurgie). Cela reste bien entendu des hypothèses qui seraient à confirmer au regard d'autres indices archéologiques.

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.

DAVID R., LEROYER Ch., MAZIER F., LANOS Ph., DUFRESNE Ph., ALLENET DE RIBEMONT G., Aoustin D., 2012 - Les transformations de la végétation du bassin parisien par la modélisation des données polliniques holocènes. XXXII rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, 2012, Antibes, France. pp.53- 68.

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.

LEROYER C., ALLENET G., 2006 - L'anthropisation du paysage végétal d'après les données polliniques : l'exemple des fonds de vallées du Bassin parisien. In. ALLEE P., LESPEZ L. - L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement, Clermont-Ferrand, Presse Universitaires Blaise-Pascal Collection Nature et Société n°3, p. 65-74.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6. ANNEXE – Photographies



Fig. 39 – Fragment de chêne (*Quercus sp.*) d'aspect « fendu-luisant » et de forte courbure de cerne. Coupe transversale. Grossissement x23. Prélèvement n°2. L'échelle représente des millimètres.

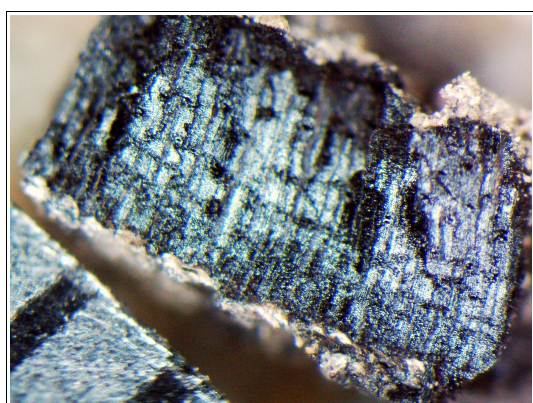


Fig. 40 – Fragment de frêne (*Fraxinus sp.*). Coupe transversale. Prélèvement n°3. Grossissement x32. L'échelle représente des millimètres.

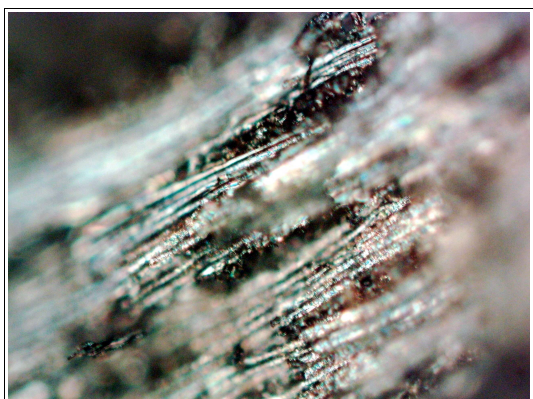


Fig. 41 – Fragment de frêne (*Fraxinus sp.*). Coupe tangentielle. Détail des rayons multisériés. Prélèvement n°3. Grossissement x200.