



# ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES  
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

## **ANALYSE DES FRAGMENTS CHARBONNEUX PRÉLEVÉS LORS DE L'OPÉRATION DE GRENTHEVILLE (14), ROUTE DE SOLIERS.**



**Institut national de recherches archéologiques préventives**

**Rapport d'étude anthracologique**

**Janvier 2019**

Institut national de recherches archéologiques préventives

**Opérations archéologiques de Grentheville (14), route de Soliers**

---

**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](mailto:loic.gaudin@arkeomap.com)

Site web : [arkeomap.com](http://arkeomap.com)

---

**Janvier 2019**

*Illustration de la page de couverture :*

*Charbon de chêne (*Quercus* sp.) de faible courbure de cerne, présentant un aspect « luisant ». Prélèvement de la structure 46.*

*Coupe transversale, vue sous loupe binoculaire Olympus SZ X7 (laboratoire ArkéoMap).*

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ORIGINE DES PRELEVEMENTS, OBJECTIFS D'ETUDE.....</b>	<b>5</b>
<b>2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION .....</b>	<b>6</b>
2.1. Équipement d'observation.....	6
2.2. Méthodologie.....	7
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux .....	10
2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration »....	11
2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	13
<b>3. RESULTATS D'ANALYSES ET INTERPRÉTATIONS.....</b>	<b>14</b>
3.1. Prélèvement provenant de la couche charbonneuse située au fond de la fosse « ST 46 ».....	14
3.1.1. Résultats.....	14
3.1.2. Interprétation .....	16
<b>4. SYNTHESE.....</b>	<b>17</b>
<b>5. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>20</b>
<b>6. ANNEXE.....</b>	<b>21</b>

## INTRODUCTION

Ce document présente les résultats de l'analyse anthracologique du prélèvement réalisé dans une couche charbonneuse recouvrant le fond d'une fosse laténienne (structure 46). Le site concerne une occupation domestique du second âge du fer.

Cette opération a été menée par l'INRAP. La fouille ci-présente a été dirigée par Jan Vernon, responsable d'opération.

Le principal objectif vise à déterminer l'origine de la couche charbonneuse : rejet de foyer ou bois d'œuvre, mais aussi de mieux connaître l'environnement boisé de provenance.



Fig.1 - Coupe stratigraphique de la fosse laténienne (structure 46). La couche charbonneuse est située dans le fond de la fosse.

# 1. ORIGINE DES PRELEVEMENTS, OBJECTIFS D'ETUDE

Les restes anthracologiques proviennent d'un lot prélevé à l'intérieur de la couche charbonneuse située dans le fond de la fosse (Fig. 1). Les lots ainsi qu'une brève description de la couche de provenance sont listés dans le tableau suivant (Fig. 2).

Les fragments ont été directement prélevés pour être livrés et n'ont pas fait l'objet de tamisage.

Site	N° prélèvement	Contexte archéologique	Structure	Période	Calibration / mes. diam. Minimum	Nb de charbons étudiés
Grentheville		Fosse laténienne dans un site d'occupation domestique	Structure 46	La Tène	Oui	307

Fig.2 – Tableau synthétique des résultats, comptages anthracologiques.

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 d'identification des taxons afin de déterminer des seuils, ou effectifs, au delà desquels l'apport de nouvelles essences ne paraît plus « rentable ». Cette technique s'est révélée inadaptée dans le cas ci-présent car seulement deux taxons ont pu être détectés.

En plus des identifications, nous avons aussi procédé à des observations permettant de préciser la nature de l'ensemble anthracologique : mesures de largeurs de cerne, estimations du diamètre minimum des bois de provenance, types de combustion, traces de découpes, de xylophages, etc...

En concertation avec l'archéologue et en fonction de l'enveloppe allouée pour cette étude, nous avons choisi d'étudier le lot de façon la plus exhaustive possible, soit une étude d'environ 300 fragments.

## 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 du laboratoire 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 CX40 à grossissements x50 à x500) et d'une caméra numérique. 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.

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'énorme 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 présent 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 :

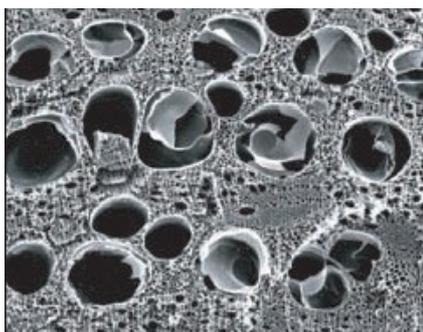
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour connaître la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses,

- **le rythme de croissance**

Cela correspond au rythme des croissances radiales (ou largeurs de cernes) 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

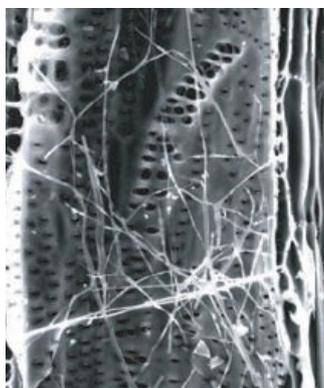
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne entre autres de sécrétions ou dépôts de gommés 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. 4 – 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.

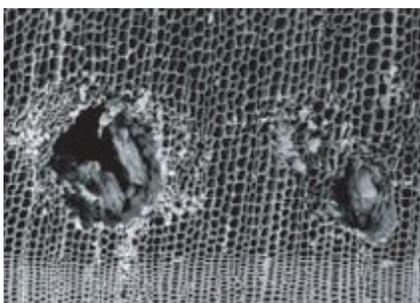
Fig. 5 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

### - 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 localement attaqué (Marguerie *et al.*, 2010).

Fig. 6 – 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.7 – Exemple de fentes de retrait (Marguerie *et al.*, 2010).

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des petites pièces de bois. 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. 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).

Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation des tissus, une apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 1982).

- **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). L'arrêt brutal de la croissance du bois de printemps permet de situer l'abattage au printemps.

- **le travail du bois** (traces d'abattages, d'élagages, de façonnages ...).

En dehors des strictes informations environnementales, l'anthracologie 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,

réipients, 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 (type de courbure, type de combustion, occurrences de thylles, traces d'insectes...). Néanmoins, une partie des charbons n'ont 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 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). Un milieu plus ouvert est, en revanche, riche en bois à croissance rapide (cernes larges).

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

La plus ou moins grande courbure des cernes (Cf. les 3 catégories : faible, intermédiaire, forte, Fig.8) renseigne sur l'origine du fragment carbonisé. Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera une provenance d'une grosse pièce de bois : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

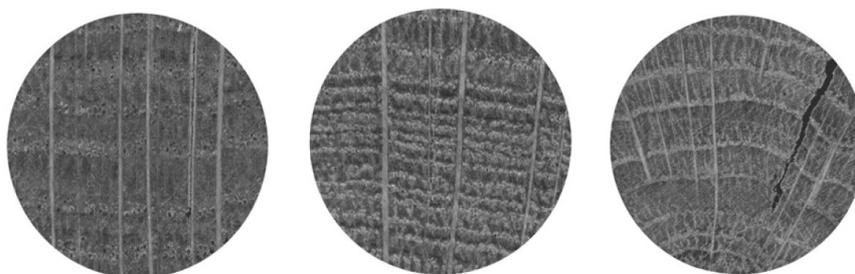


Fig.8 – Les trois catégories des courbures de cernes annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

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

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

Selon N. Marcoux (2009), la capture est à effectuer sur la partie la plus externe du charbon de façon à estimer au mieux son calibre. Deux droites sont dessinées : d1 et d2 (fig. 3), chacune se superposant à un rayon ligneux. Si la marge extérieure du charbon suit la courbure des cernes, une droite d est tracée entre les points de croisement des droites d1 et d2 et la bordure du charbon. La distance d et l'angle a formé par les deux droites d1 et d2 sont les données utilisées dans le calcul trigonométrique basé sur le sinus (Fig. 9).

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

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

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

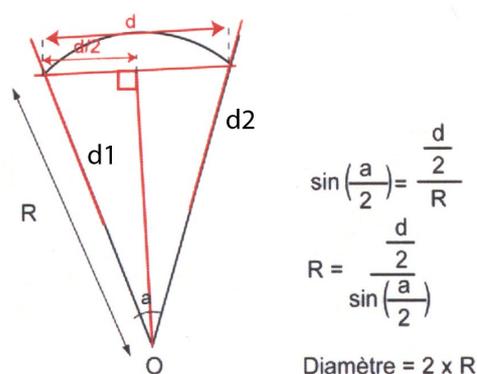


Fig. 9 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis 2007).

Par la suite, c'est la fréquence des effectifs des rayons obtenus qui va permettre d'estimer le rayon des arbres utilisés. En toute logique, les charbons les plus à l'extérieur (et donc avec de plus forts rayons) sont aussi les plus nombreux. (Cf. Fig. 10, principe des histogrammes de fréquences, selon Dufraise A., 2011). Le rayon de l'arbre pourra ainsi être estimé en prenant la classe de diamètre maximale.

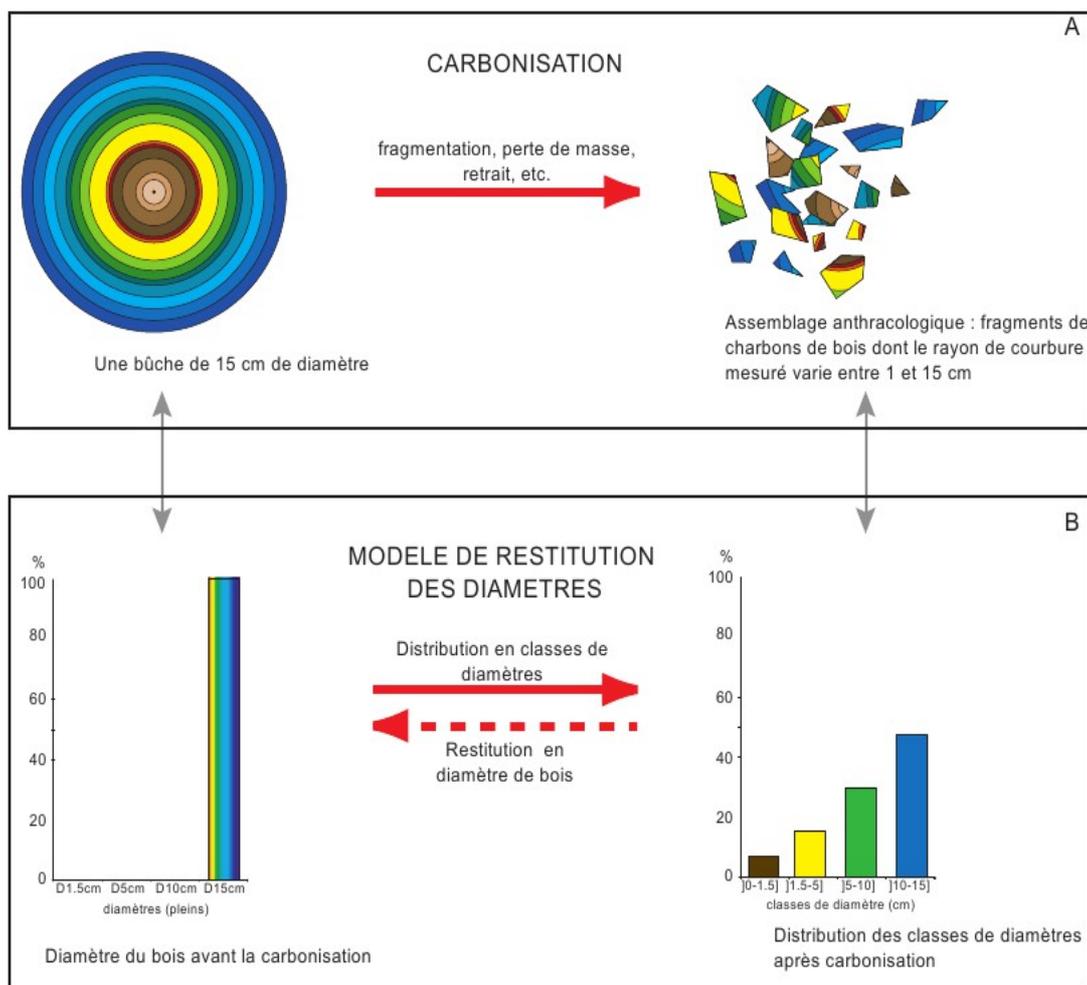


Fig. 10 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraise, 2011).

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

L'étude du prélèvement a permis de déterminer deux taxons anthracologiques. Il s'agit du chêne (*Quercus sp.*) et du « chêne – châtaignier » (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

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

**Le chêne** (*Quercus sp.*) à feuilles caduques correspond indifféremment, dans le domaine géographique considéré, essentiellement aux chênes pédonculé et sessile. Le chêne est surtout apprécié comme bois de charpente mais aussi comme combustible, c'est un bon charbon de bois. 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.*) reste hypothétique : d'une part c'est la détection d'un critère anatomique (les rayons multisériés) qui permet d'identifier le chêne par rapport au châtaignier. 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.*).

### 3. RESULTATS D'ANALYSES ET INTERPRÉTATIONS

#### 3.1. Prélèvement provenant de la couche charbonneuse située au fond de la fosse « ST 46 »

##### 3.1.1. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				Hyphe	Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Fondu / pores obturés / struct. Indistin.		
Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Quercus/Castanea	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Quercus sp.	296	62	114	43	158	33	23	59	3	0	1	158

Fig. 11 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques.

##### – Mesures des largeurs de cernes

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible	Régulier	56	353	1,63	0,3	1,01	2,33
Quercus sp.	Intermédiaire	Régulier	83	346	1,95	0,54	0,79	3,21
Quercus sp.	Forte	Régulier	16	51	2,32	0,68	1,18	3,74
Quercus sp.	Indéterminé	Régulier	1	2	1,27	0	1,27	1,27
Quercus sp.	Toutes	Régulier	156	752	1,87	0,53	0,79	3,74

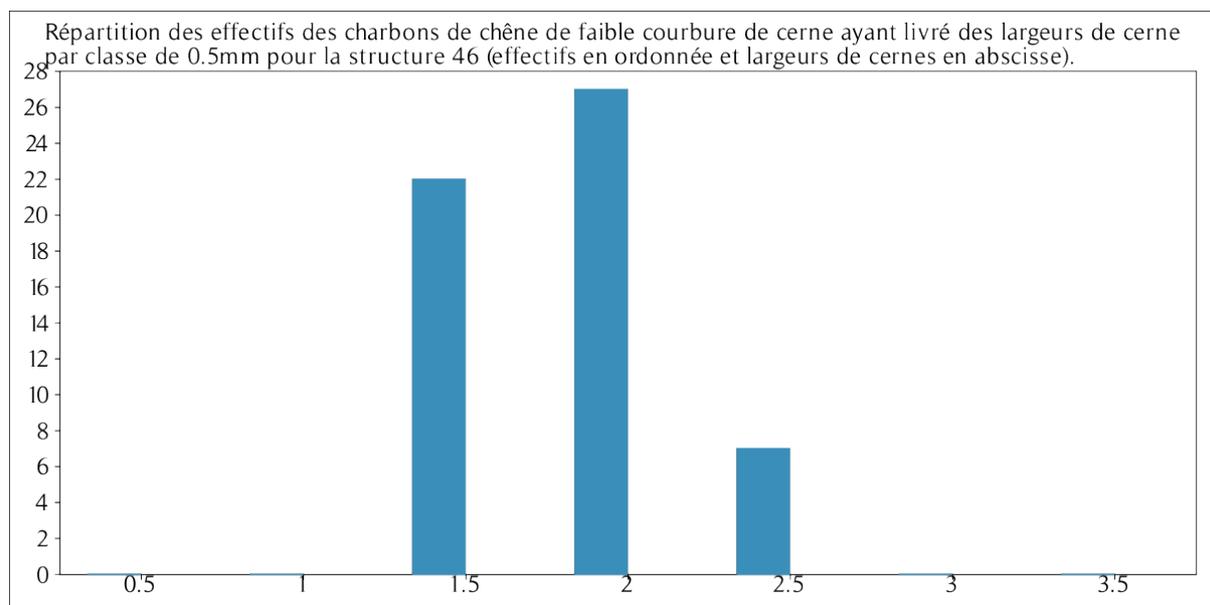


Fig. 12 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cernes (en mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible et un rythme de croissance régulier.

- Mesures des diamètres minimum :

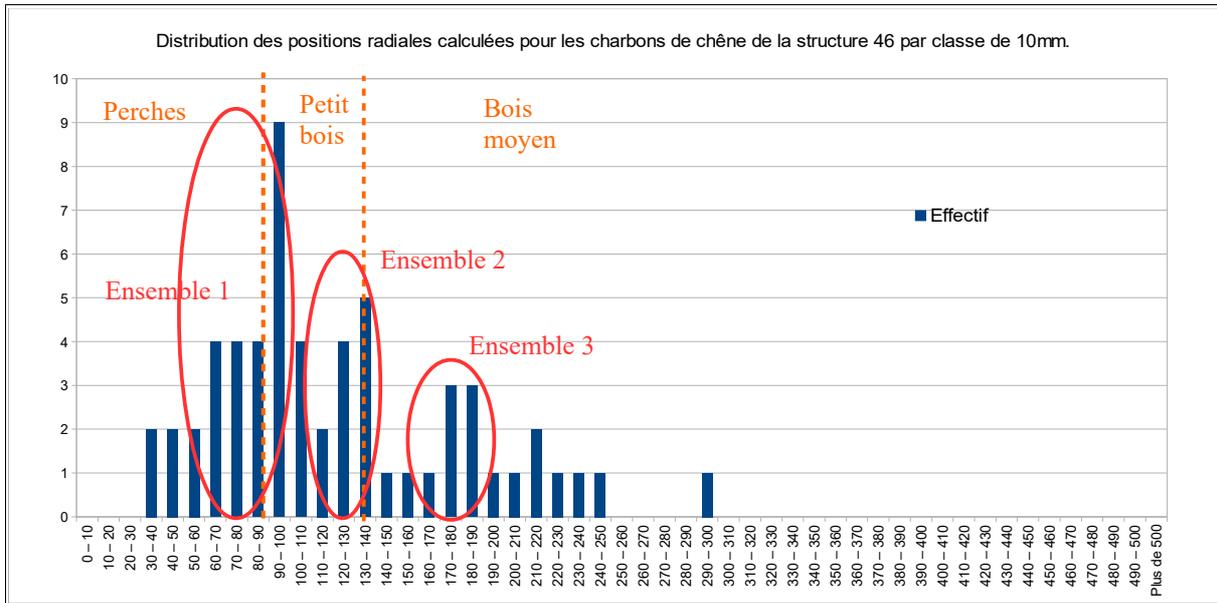


Fig.13 - Distribution des positions radiales calculées pour 59 charbons de chêne (*Quercus sp.*) par classe de 10 mm.

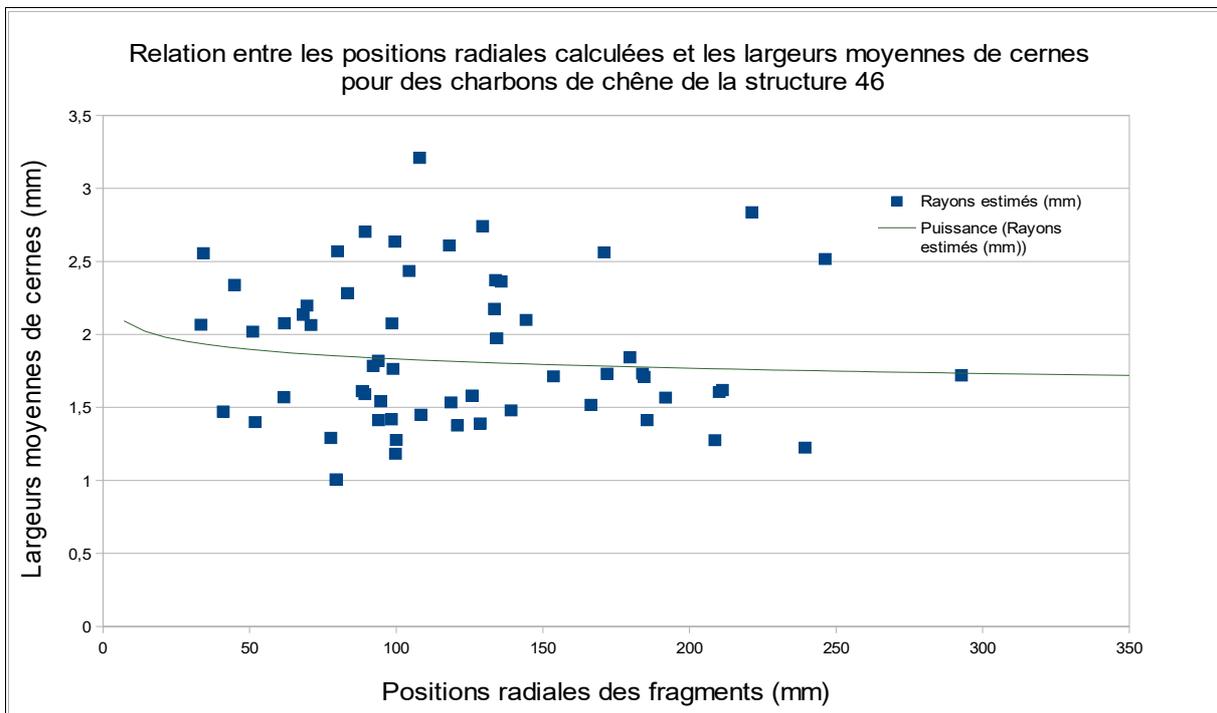


Fig.14 - Répartition des largeurs de cernes des charbons de chêne en fonction de leur position radiale.

### 3.1.2. Interprétation

Seulement deux taxons ont été identifiés. Il s'agit principalement du chêne (*Quercus sp.*) accompagné du taxon anthracologique « chêne - châtaignier » (Fig. 11). La présence du châtaignier reste cependant très hypothétique car l'absence des rayons multisériés n'est constatée que sur les fragments de petites dimensions (inférieurs à 1cm). Nous avons néanmoins conservé le taxon « chêne-châtaignier » (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

L'absence du hêtre, excellent combustible est à signaler. Les bois tendres de petit calibre (ex. bouleau, noisetier, saule, peuplier), souvent utilisés lors des phases d'allumage des foyers, sont aussi absents. Ces constats en plus du caractère « monospécifique » de l'ensemble anthracologique appuient l'hypothèse de restes de bois d'œuvre.

Une partie importante des fragments identifiés présentait des courbures faibles à intermédiaires. Des thylls ont aussi été très souvent observés. Ces résultats caractérisent plutôt les bois de gros et moyen calibre. Quelques fragments présentaient néanmoins de courbures fortes, ce qui est synonyme de bois de petit calibre ou plus probablement, en provenance du bois de cœur.

L'étude des positions radiales calculées sur les fragments de chêne (Fig. 13) permet de discerner trois ensembles : un premier ensemble de 0 mm à 100 mm de rayon correspondant à du bois de branches (équivalent à des « perches »), puis un second de 110 à 140 mm et un ensemble dont les rayons varient autour de 170 à 190 mm. On peut donc supposer que les charbons proviennent de bois de diamètre minimum d'environ 20 cm, 28 cm, et 38 cm. A noter que les dernières mesures éparses (sur la partie droite de l'histogramme), sont à considérer avec précaution car les mesures au delà de 20 cm perdent en précision (Dufraisse A., 2011).

En ce qui concerne le type de combustion, une part non négligeable des charbons de chêne (environ 20%) montraient des aspects « durs-luisants ». Ces observations résultent généralement de combustions en contexte réducteur et chaud (Blaizot *et al.*, 2004; Oilic, 2011). La proportion de ces charbons est néanmoins trop faible pour associer ces résultats à des pratiques de charbonnages ou à des combustions à l'intérieur d'un four. Il pourrait s'agir d'une combustion ayant « couvé » un certain temps en contexte fermé (peut-être sur place au fond de la fosse?).

Des mesures de largeurs de cernes réalisées sur les charbons de faible courbure de cerne ont permis d'obtenir des moyennes de l'ordre de 1,6 mm (Fig. 12). Ces résultats sont caractéristiques de contextes de croissance difficiles. L'histogramme des mesures de largeurs de cernes réalisées sur les fragments de faible courbure montre des valeurs assez bien centrées autour de 1,5 mm à 2 mm (Fig. 12). Ce constat va dans le sens d'une seule aire de collecte.

Enfin la mise en relation des largeurs de cernes en fonction des positions radiales des fragments de chêne permet de faire ressortir une légère tendance avec une croissance plus dynamique lors des premiers stades de vie des arbres. On constate en effet des largeurs de cernes plus larges pour les fragments situés dans la partie centrale de l'arbre (Fig. 14). Cette tendance caractérise plutôt les arbres poussant dans les forêts traitées en « futaie » (Fig. 16). Néanmoins, cette tendance apparaît perturbée. Il semble y avoir des fragments provenant des parties périphériques avec de fortes croissances (points situés à droite et en haut du graphique). Ce constat est caractéristique de « ressauts de croissance » importants. Afin d'expliquer ces « perturbations » on peut émettre l'hypothèse de traitements de type taillis-sous-futaie. (cf exemple figure 16 et chapitre de synthèse).

## 4. SYNTHÈSE

Cette étude repose sur l'observation de 307 charbons. L'ensemble anthracologique est apparu monospécifique. En plus des déterminations et des mesures dendrologiques classiques (largeurs de cernes, types de courbure, aspects des charbons, traces de découpes, de xylophages, etc...), nous avons procédé à des mesures dites de « calibration » (estimation des diamètres minimum du bois) afin de préciser l'origine des bois.

Cette étude a permis de constater des faits archéobotaniques intéressants, notamment en ce qui concerne la qualité du bois utilisé mais aussi sur le type de gestion forestière dont est issu le bois brûlé.

Les résultats sont représentés sous la forme du tableau synthétique ci-dessous (Fig. 15).

Structures, hypothèses archéologiques	Faits archéologiques	Datation de l'US	Taxons (par ordre d'importance)	Hypothèses techniques	Types de boisements	Largeurs moyennes de cernes
<b>Structure 46, fosse laténienne</b>	Couche charbonneuse au fond de la fosse	La Tène	<i>Quercus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>	<p><b>Bois d'oeuvre :</b> Deux taxons anthracologiques ont été identifiés : le chêne et le « chêne / châtaignier », mais la présence du châtaignier reste très hypothétique.</p> <p>L'absence du hêtre, excellent combustible, et des taxons de bois tendre souvent utilisés lors de l'allumage des foyers est à signaler.</p> <p><u>Ces faits en plus du caractère monospécifique de l'ensemble appuient l'hypothèse de restes de bois d'oeuvre.</u></p> <p>Plusieurs fragments (environ 20%) présentaient des aspects « luisants », caractéristiques de conditions de combustion chaudes et réductrices. On peut évoquer une combustion dans un contexte anaérobie (milieu fermé), peut-être sur place.</p> <p>Les fragments de chêne proviennent de bois de moyen et gros calibre.</p> <p>Les mesures de calibration réalisées sur 59 fragments ont permis d'estimer des diamètres minimum de 20 cm, 28 cm et 38 cm.</p> <p>La mise en relation des largeurs de cernes et de la position radiale des fragments permet de mettre en évidence des ressauts de croissance. L'hypothèse d'une collecte de bois depuis un boisement de type « taillis-sous-futaie » est probable.</p>	<b>Boisement de type « chénaie » (?)</b> ( <i>Quercus sp.</i> )	<p>Mesures sur fragments de faible courbure : Moy. = 1,63mm (N=56 ; Ec-type = 0,3mm)</p> <p>Contexte de croissance difficile.</p>

Fig. 15 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques collectées pour la couche charbonneuse prélevée au fond de la structure 46.

L'anthracologie mêle à la fois des résultats d'ordre « naturel » et « technique ». Pour cette raison, l'interprétation ci-dessous s'articulera autour de deux parties : une interprétation d'ordre environnemental et une interprétation d'ordre ethnographique.

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

Deux taxons anthracologiques ont été identifiés dans cette étude : le chêne (*Quercus sp.*) et de façon plus hypothétique le « chêne - châtaignier » (*Quercus sp.* - *Castanea sp.*).

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

- le groupement forestier de **la chênaie mixte** avec le chêne (*Quercus sp.*), chêne-châtaignier (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*). Il correspond avec le groupement de **la chênaie-hêtraie**, aux groupements forestiers caractéristiques de la période du Subatlantique, largement détectés par la palynologie dans le nord-ouest de la France (Gaudin, 2004).

Les mesures de largeurs de cernes réalisées sur les fragments de chêne de courbure intermédiaire et faible ont permis de calculer des moyennes de l'ordre de 1,6 à 1,9 mm. Ces résultats montrent que les bois collectés proviennent de contextes de croissance plutôt contraignants (sols pauvres, bois denses?).

De plus, nous avons constaté sur certains fragments des « ressauts de croissance » par la mise en relation des mesures de calibration et des largeurs de cernes (cf. Figures 14). L'hypothèse de collecte de bois à l'intérieur de boisements de type « taillis-sous-futaie », mode de gestion forestier alternant des phases de croissance et d'éclaircies est probable (Fig. 16).

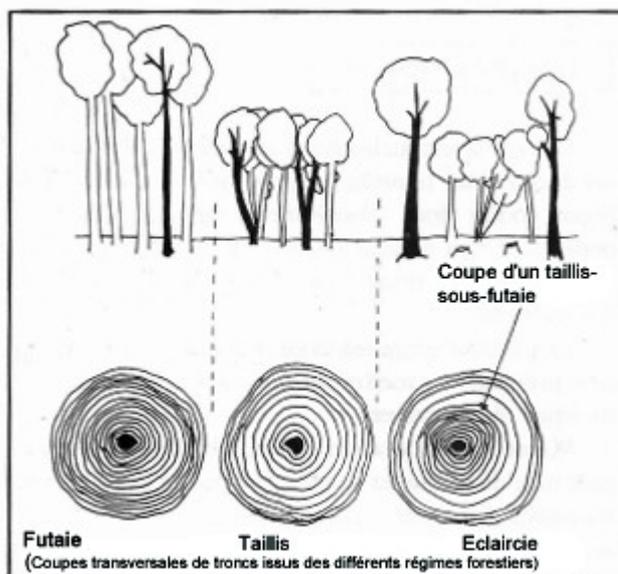


Fig. 16 - Schéma des trois régimes forestiers : futaie, taillis, taillis-sous-futaie.

- **Informations d'ordre technique :**

Les fragments observés proviennent probablement de restes de bois d'œuvre. Plusieurs arguments plaident en faveur de cette hypothèse :

- le caractère « monospécifique » de la composition anthracologique. Même si quelques petits fragments n'ont pu être tout à fait attribués au chêne, il est très probable que les charbons proviennent exclusivement de bois de chêne,
- l'absence du hêtre, bois réputé comme étant un excellent combustible et qui était très certainement disponible au même titre que le chêne dans le paysage,
- l'absence des bois « habituels » de l'allumage des foyers : les bois « tendres » de petit calibre tels que le noisetier, bouleau, peuplier, saule.

Une part importante des fragments présentaient des courbures de cerne intermédiaire et faible ce qui caractérise des bois de moyen et gros calibre. Les mesures de calibration ont permis d'estimer des diamètres minimum de l'ordre de 20 cm, 28 cm et 38 cm.

Même si aucune trace de découpe n'a été observée, des découpes du bois ne sont pas à exclure, ce qui pourrait expliquer la sous-représentation des fragments provenant du bois de cœur. De plus, notons qu'aucun reste de moelle (partie anatomique centrale du tronc) n'a été observé. Néanmoins, l'état très fragmentaire des charbons ne permet pas d'avancer d'hypothèse sur le type de découpe (en plot, sur dosse, maille, etc...).

Au regard des irrégularités de croissance déduites de la comparaison entre les largeurs de cernes et les positions radiales des fragments (Fig. 14), il est probable que les bois proviennent de boisements traités en taillis-sous-futaie. Ce mode de gestion correspond à des coupes régulières d'arbres et de branches (cépées) mais avec le maintien de quelques arbres en place (baliveaux et arbres de réserve : ex. chêne) destinés à produire du bois de plus gros calibre et du bois d'œuvre (Fig. 17).

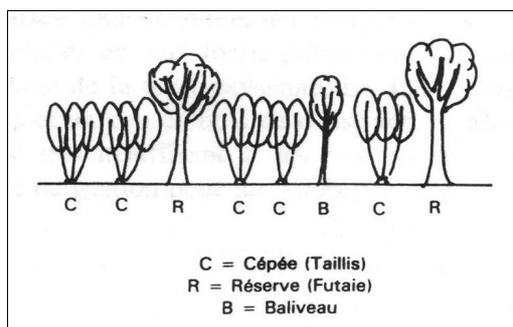


Fig. 17 - Illustration du mode de gestion sylvicole de type « taillis-sous-futaie ».

## 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'antracologie, 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'antracologie*. In BROCHIER J.E., BOURQUIN-MIGNOT C., CHABAL L., CROZAT S., FABRE L., GUIBAL F., MARINVAL P., RICHARD H., TERRAL J.-F., THERY I. (éds.), Errance (Collection "Archéologiques"). La Botanique, Paris, 207 p.
- DUFRAISSE A., GARCIA MARTINEZ M.-S., 2011 - Mesurer les diamètres du bois de feu en anthracologie. Outils dendrométriques et interprétation des données. ANTHROPOBOTANICA, 2, 16p.
- GAUDIN L., 2004 - *Les transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléo-paysagères*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 2 tomes, 768 p.
- MARCOUX N., 2009 - Les bois utilisés comme combustible dans l'atelier gallo-romain de réduction du minerai de fer in SARRESTE F., Archéologie dans le Silléen, Rapport d'opérations archéologiques programmées. Roche-Brune (Pezé-le-Robert, Sarthe). p. 20-39.
- MARGUERIE D., BERNARD V., BEGIN Y., TERRAL J.-F., 2010 - Dendroanthracologie p. 311-347 in PAYETTE S., FILION L., *La Dendroécologie : Principes, méthodes et applications*. Presses de l'Université Laval, Québec
- MARGUERIE D., HUNOT J.-Y. 2007 - *Charcoal analysis and dendrology : data from archaeological sites in north-western France*. Journal of Archaeological Science. p. 1417-1433
- MARGUERIE D., 1992a - *Évolution de la végétation sous l'impact humain en Armorique du Néolithique aux périodes historiques*. Travaux du Laboratoire d'Anthropologie Rennes, 40, 262 p.
- MARGUERIE D., 1992b - Charbons de bois et paléoenvironnement atlantique. *Dossier A.G.O.R.A. Les bois archéologiques*, n°2, p. 15-20.
- OILIC J.-C., 2011 - *Végétation, peuplement, métallurgie en Brocéliande : étude interdisciplinaire de la forêt de Paimpont (Bretagne, France) depuis le Tardiglaciaire*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 320p.
- PARADIS S. 2007 - *Étude dendro-anthracologique : une approche méthodologique pour l'étude du calibre des bois*. Mémoire de Master 2, université de Dijon, 64 p.
- PRIOR J., ALVIN K. L., 1986 - *Structural changes on charring woods of Dichrostachys and Salix from southern Africa : The effect of moisture content*. International Association of Wood Anatomists. Bulletin (Special issue), 7, p. 243 - 249.
- RAMEAU J.C., MANSION D. et DUME G., 1989 - *Flore forestière française, guide écologique illustré*. T.1, plaines et collines, Institut pour le développement forestier, Paris, 1785 pages.
- SCHWEINGRUBER F. H., 1982 - *Microscopic Wood Anatomy*. Flück-Wirth, Teufen.
- SCHWEINGRUBER F. H., 2011 - *Anatomie europäischer Hölzer - Anatomy of European Woods*. Verlag Kessel , 800 pages.

## 6. ANNEXE

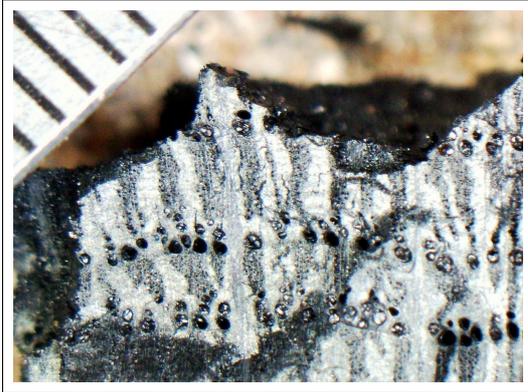


Fig. 18 – Coupe transversale d'un fragment de chêne (*Quercus sp.*) d'aspect « dur-luisant ».

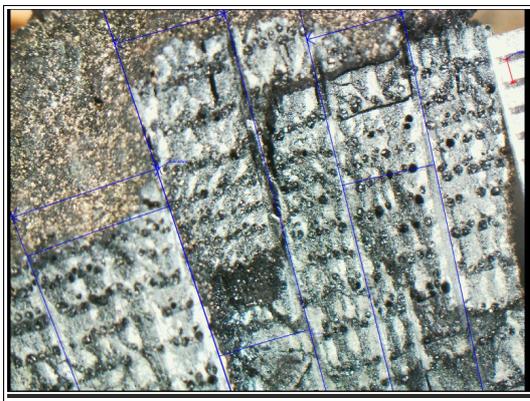


Fig. 19 – Coupe transversale d'un fragment de chêne, de faible courbure de cerne, avec mesures d'angles destinées à estimer la position radiale du fragment.



Fig. 20 – Exemples de fragments de tailles plus importantes.



Fig. 21 – Reste animal (corne?).