



ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES DE 10 PRÉLÈVEMENTS
RÉALISÉS LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE « A79-
D15B5 NORD », SUR LA COMMUNE DE TOULON-SUR-ALLIER
(03).**

**PRÉLÈVEMENTS DE STRUCTURES DE BÂTIMENTS MÉDIÉVAUX ET
ANTIQUES.**

OPÉRATION : OA.03.8938



Service archéologie préventive de l'Allier.

Juillet 2024.

Service d'Archéologie Préventive de l'Allier
110, route de Paris
03000 AVERMES

Analyses anthracologiques de 10 prélèvements réalisés lors de l'opération archéologique « A79-D15b5 nord », sur la commune de Toulon-sur-Allier (03).

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

Juillet 2024

Illustration de la page de couverture :

Fragment de chêne (Quercus sp.), vue en coupe transversale, grossissement x31 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement n°1280 (Fait 1305, US 1305.2).

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	7
2.1. Équipement d'observation.....	7
2.2. Méthodologie.....	8
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	13
2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration »....	14
2.5. La sélection de fragments charbonneux favorables à des datations radiocarbone.	16
2.6. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	17
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....	20
3.1. Trou de poteau d'un bâtiment médiéval.....	20
a. Résultats	20
- Fait 1223 , (US 1223.3).....	20
b. Interprétations	21
3.2. Trous de poteaux d'un bâtiment antique	22
a. Résultats	22
- Fait 1151 , (US 1151.4).....	22
- Fait 1161 , (US 1161.3).....	22
- Fait 1296 , (US 1296.2).....	23
- Fait 1304 , (US 1304.3).....	23
- Fait 1305 , (US 1305.2).....	24
b. Interprétations	24
3.3. Prélèvements du comblement d'un « chablis rubéfié »	27
a. Résultats	27
- Fait 3010, (US 3010.3).....	27
- Fait 3011, (US 3011.3).....	27
- Fait 3012, (US 3012.3).....	27
b. Interprétations	28
3.4. Prélèvement d'un foyer, Fait 4003	29
a. Résultats	29
- Fait 4003, (US 4003.3).....	29
b. Interprétations	30
4. BILAN.....	31
5. BIBLIOGRAPHIE.....	36
6. ANNEXE – Photographies.....	38
7. ANNEXE – Inventaire des fragments sélectionnés pour datations radiocarbone.....	39
7.1. Prélèvement « F1223 – US 1223.3 » (Trou de poteau).....	39
7.2. Prélèvement « F1296 – US 1296.2 » (Trou de poteau).....	40
7.3. Prélèvement « F1304 – US 1304.3 » (Trou de poteau).....	41
7.4. Prélèvement « Fait 1305 – US 1305.2 » (Trou de poteau).....	42
7.5. Prélèvement n°3003 « Fait 3012 – 3012.3 » (Comblement de « chablis rubéfié »)	43
7.6. Prélèvement « Fait 4003 – 4003.3 » (Foyer).....	44

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors de la fouille « A79-D15b5-nord » sur la commune de Toulon-sur-Allier (03).

Les vestiges concernent principalement des trous de poteaux de bâtiments médiévaux (F1223) et antiques (F1151, F1161, F1296, F1304 et F1305), mais aussi plusieurs prélèvements provenant d'une zone de « chablis rubéfiés » (F3010, F3011, F3012). Un foyer très arasé a aussi fait l'objet d'un prélèvement (F4003).

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. Dans le cadre de la fouille du foyer il s'agit très probablement de restes de combustibles, mais l'hypothèse reste à confirmer. Pour les comblements des trous de poteaux, ou des chablis, s'agit-il des restes de poteaux, de racines, ou bien de charbons venus combler ces structures postérieurement ?
- 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 M. Simon Baraton, responsable d'opération au sein du Service d'Archéologie Préventive du département de l'Allier.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les prélèvements charbonneux ont fait l'objet de tamisages par flottation, effectués par le service archéologique (mailles de 2 mm).

L'ensemble des 10 échantillons a été observé. Un peu plus de 290 charbons ont été étudiés.

S. Baraton nous a donné une description des contextes archéologiques et détaille les attributions chronologiques :

- 5 faits concernant des trous de poteaux rattachés à un même ensemble (F1151, F1161, F1296, F1304 et F1305). Les charbons proviennent du négatif des poteaux, sans qu'il soit possible d'affirmer s'ils proviennent du poteau en lui-même. Certains charbons feront ensuite l'objet d'une datation radiocarbone,
- 1 trou de poteau se rattachant à un bâtiment médiéval (F1223),
- 3 "chablis rubéfiés" (F3010, F3011 et F3012). La problématique vise à savoir si nous sommes en présence d'une même essence (souche d'arbre) ou sur une structure alimentée par différentes espèces,
- 1 foyer très arasé (F4003) pour connaître le type de bois utilisé, avec une datation par la suite.

Les datations seront affinées grâce à des datations radiocarbones réalisées sur des charbons sélectionnés pour éviter l'effet vieux bois (cf. chapitre 2.5. et résultats des sélections en Annexe chapitre 7).

Les prélèvements ainsi que quelques éléments d'interprétation sont listés dans le tableau suivant (Fig. 1).

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE	
Commune :	Toulon-sur-Allier
l'opération / Lieu-Dit :	Fouille A79-D15b5-nord
Année :	
N° OA :	OA 03.8938
Resp. d'Op. ou commanditaire	S. Baraton
Type d'opération :	
Période d'analyse pressentie	mois de juillet 2024

n° prélèvement	Fait	US	Structure	Ensemble	C14	Nb de charbons étudiés
	1223	1223.3	trou de poteau	bâtiment médiéval	Prioritaire	33
	1151	1151.4	trou de poteau	même bâtiment Antique	non	37
	1161	1161.3	trou de poteau		non	17
	1296	1296.2	trou de poteau		Optionnel	25
	1304	1304.3	trou de poteau		Prioritaire	38
PR 1280	1305	1305.2	trou de poteau		Prioritaire	30
PR 3002	3010	3010.3	chablis rubéfié	même zone de "chablis"	non	10
PR 3001	3011	3011.3	chablis rubéfié		254-287 AD (26,9%) 324-406 AD (68,6%)	30
PR 3003	3012	3012.3	chablis rubéfié		Optionnel	36
PR 4002	4003	4003.3	foyer		Prioritaire	35
						291

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 du Fait 1296, seulement deux taxons ont été identifiés. La courbe effort-rendement montre un seuil situé entre 5 et 10 fragments (Fig. 2).

Toutefois, compte tenu de la faible diversité taxonomique (souvent les prélèvements étaient monospécifiques) et des faibles effectifs étudiés dans la plupart des prélèvements, ces courbes ne sont pas très démonstratives.

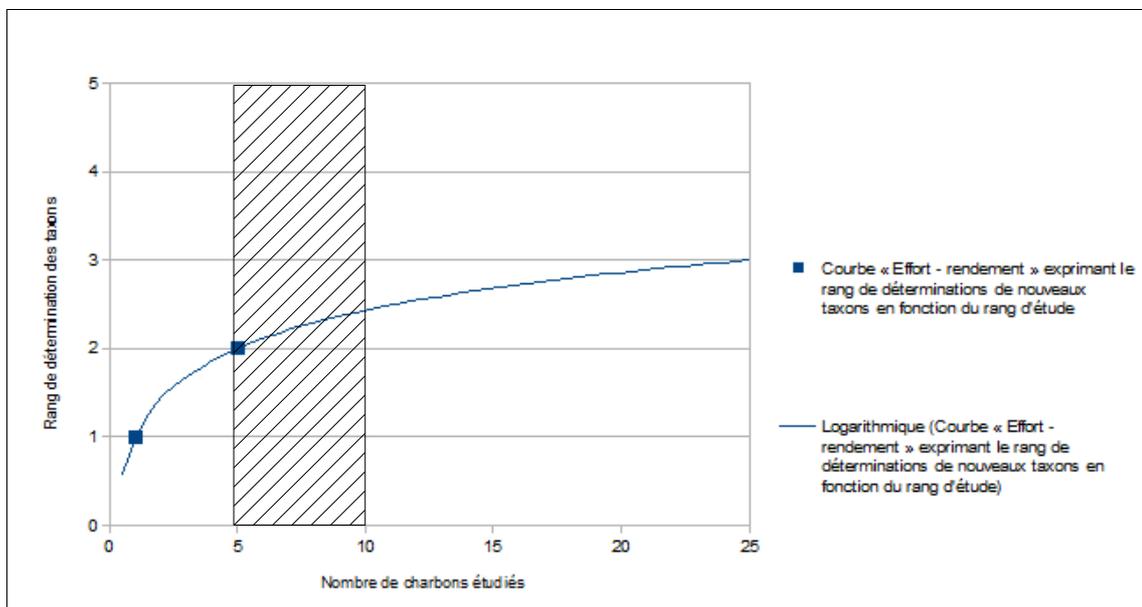


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement du Fait F1296. Dans cet exemple, le deuxième taxon (Saule/Peuplier) a été observé au 5e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 5 et 10 charbons.

Les indicateurs calculés à partir des courbes « effort-rendement » sont basés sur la diversité taxonomique, or en plus des identifications nous avons aussi procédé à des observations permettant de préciser la nature des ensembles anthracologiques : estimations des calibres, types de combustion, traces de découpes, de xylophages, etc... Les courbes « effort-rendement » étant basées sur la diversité taxonomique, nous n'avons donc pas jugé judicieux de nous baser exclusivement sur les seuils obtenus pour établir des effectifs d'échantillonnages représentatifs.

En concertation avec l'archéologue et en fonction de l'enveloppe allouée pour cette étude, nous avons choisi d'étudier les prélèvements de façon la plus exhaustive possible, en poussant l'observation à un peu plus de 30 charbons par prélèvement lorsque cela était possible.

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

2.1. Équipement d'observation

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



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

2.2. Méthodologie

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

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

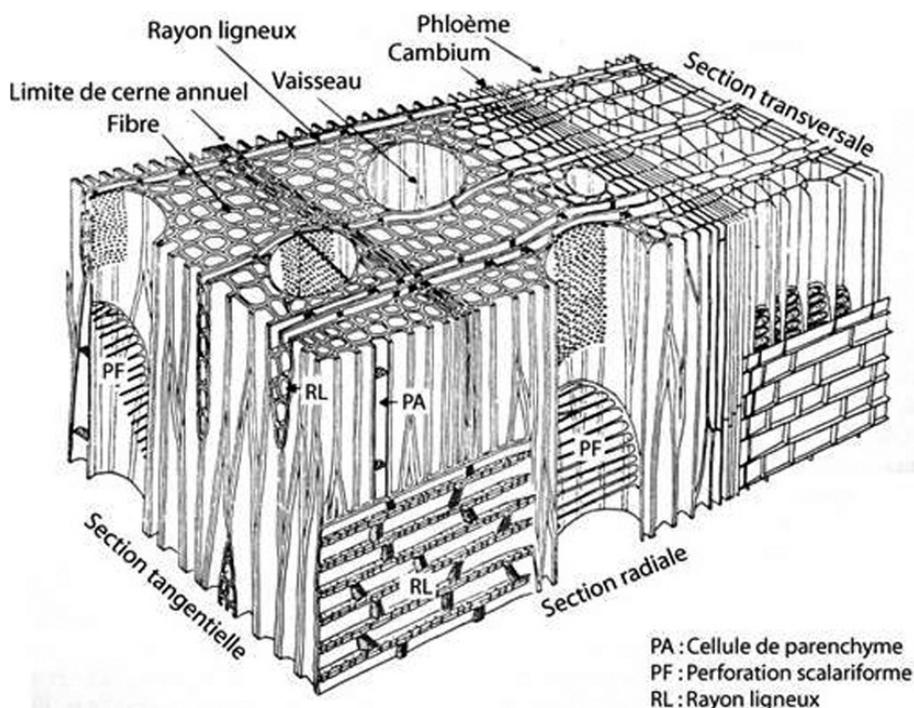


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

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

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

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

- **le rythme de croissance**

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

- **la présence de thylles**

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

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

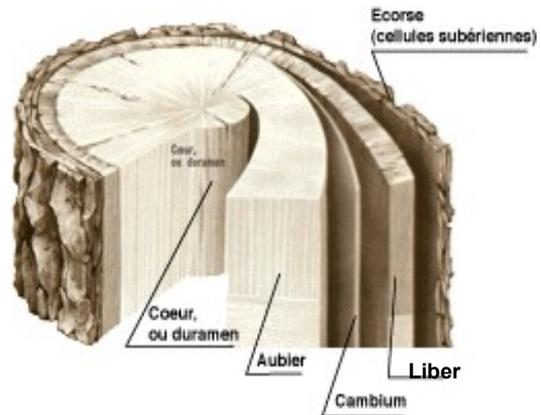
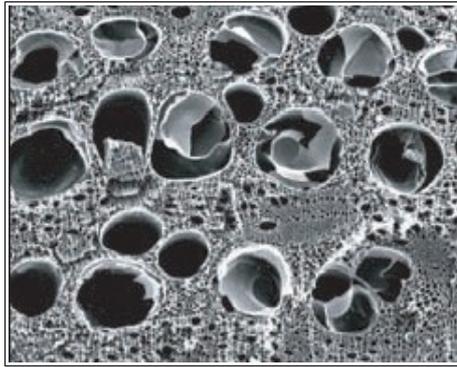
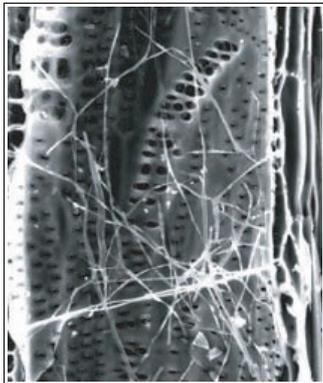


Fig. 5 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à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

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



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

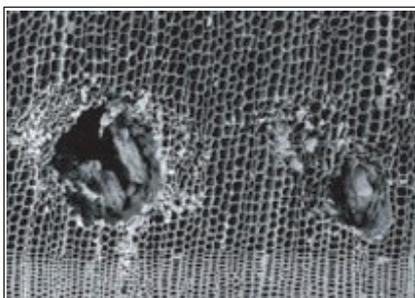
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

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

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

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

- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.

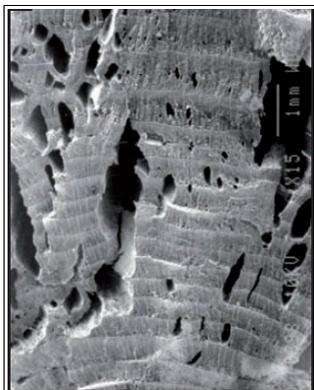


La présence de tels tunnels est plutôt un indicateur de bois morts, mais il existe parfois des bois vivants dont l'aubier peut être logiquement attaqué (Marguerie et al., 2010).

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

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

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



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

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

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

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

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

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

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

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

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

4. Aspect scoriacé : cet aspect correspond au dernier degré de vitrification. Les charbons de bois ont perdu la quasi-totalité de leurs structures anatomiques. Il ne persiste généralement qu'une sorte de magma informe solidifié, donnant parfois l'aspect d'être entré en ébullition. Ponctuellement, les reliefs de parois cellulaires

peuvent être observés, seuls témoins de l'origine végétale de l'échantillon et qui permettent de le distinguer d'une scorie en contexte sidérurgique.

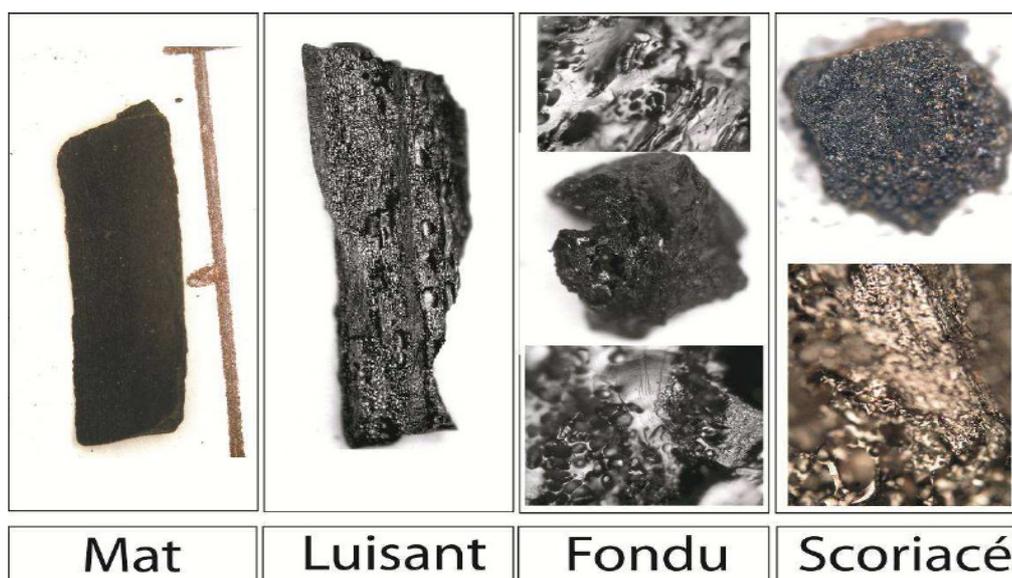
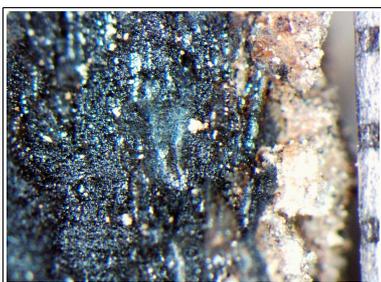


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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



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

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

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

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

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

2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

- Observations de caractères dendrologiques :

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

- 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. 11). 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.

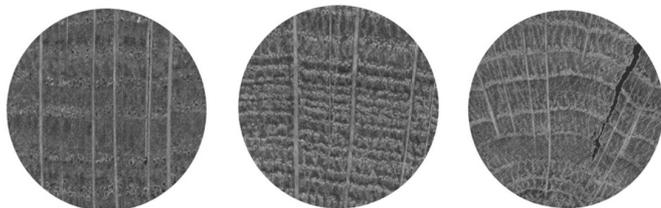


Fig. 11 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

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

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

Selon N. Marcoux (2009), la capture est à effectuer sur la partie la plus externe du charbon de façon à estimer au mieux son calibre. Deux droites correspondant à des rayons ligneux sont dessinées : d1 et d2 (Fig. 12). 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. 12).

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

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

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

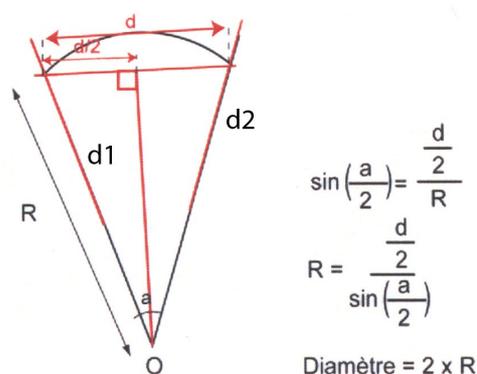


Fig. 12 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

Par la suite, c'est la fréquence des effectifs des rayons obtenus qui va permettre d'estimer le rayon des arbres utilisés. En toute logique, les charbons les plus à l'extérieur (et donc avec les plus fortes positions radiales calculées) sont aussi les plus nombreux. (Cf. Fig. 13, principe des histogrammes de fréquences, selon Dufraisse *et al.*, 2011). Le rayon de l'arbre pourra ainsi être estimé en prenant la classe de diamètre maximale.

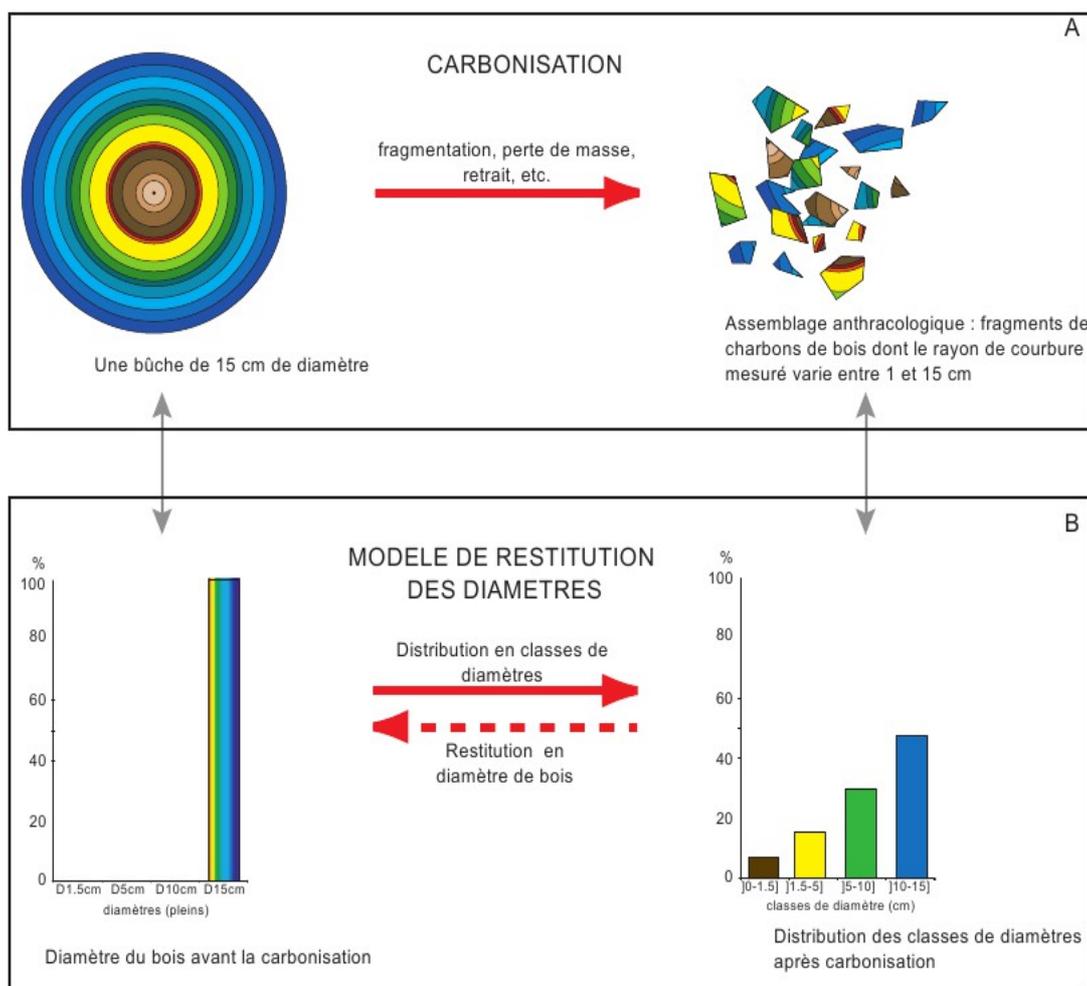


Fig. 13 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

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

2.5. La sélection de fragments charbonneux favorables à des datations radiocarbone.

Afin d'éviter « l'effet vieux bois » (certains arbres peuvent potentiellement vivre plusieurs siècles), il faut chercher des fragments correspondant soit à des parties d'arbre ayant eu une durée de vie courte (ex. brindilles, bois de petit calibre, graine carbonisée), soit des fragments provenant des dernières années de vie de l'arbre (ex. l'aubier). L'indice de priorité est basé sur ce principe.

On sélectionnera de façon prioritaire les fragments :

- de section entière avec une forte courbure de cerne, correspondant potentiellement à des brindilles. Dans la mesure du possible ces fragments devront présenter à la fois la moelle et l'écorce (cambium),
- appartenant à l'aubier (ex. pour le chêne, les charbons ne présentant pas ou peu de thylles),
- dont les essences n'ont pas une trop grande durée de vie (ex. la longévité du genêt est de l'ordre de 25 ans maximum, 50 ans pour le saule, mais potentiellement 500 à 1000 ans pour le chêne...).

En fonction de ces critères nous avons donné trois valeurs à cet indice :

0. Non prioritaire,

1. favorable à la datation.

2. très favorable à la datation.

Après avoir été étudiés et sélectionnés, les charbons ont ensuite été isolés dans des tubes numérotés et placés dans des sachets correspondant à chaque prélèvement. En vue d'obtenir des datations les plus précises possible, nous avons fait en sorte d'isoler chaque fragment par tube.

Dans la mesure du possible, nous avons aussi tenté d'identifier les taxons anthracologiques et faire des observations dendrologiques classiques (type de courbure de cerne, type d'aspect, présence ou pas de thylles, moelle, écorce...).

Les résultats sont présentés sous la forme de tableaux et placés en Annexe.

Pour chaque échantillon, nous proposons un tableau de synthèse par taxon, avec différents critères dendrologiques (type de courbure de cerne, rythme de croissance, type de combustion) et indice de priorité pour des datations radiocarbone.

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

L'étude a permis de déterminer cinq à sept 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 le site reste très hypothétique (sa diffusion dans le nord de la France est généralement antique), car c'est la détection d'un critère anatomique (les rayons multisériés) qui permet de le différencier du chêne. Or, sur les petits fragments, l'absence de ce critère n'est pas forcément significatif du châtaignier, d'où la nécessité du taxon anthracologique « chêne-châtaignier » (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*).

- **L'orme** (*Ulmus sp.*) (?), plusieurs charbons analysés dans les prélèvements n°3003 et n°3001 n'ont pu faire l'objet d'identifications certaines, malgré un bon état général des charbons et des structures anatomiques (Fig. 14 et 15). Au regard de la plupart des critères anatomiques, il pourrait s'agir de l'orme. La forme particulière de certains critères anatomiques (porosité de type semi-poreuse et la quasi-absence des bandes tangentielles notamment), pourrait être liée à la provenance de bois de racine. Il subsiste néanmoins un doute à propos de cette essence, détectée uniquement à l'intérieur des comblements de chablis et un fragment dans le trou de poteau F1304. L'hypothèse d'autres essences (Fabacées, Rhamnacées, voire Prunoïdées, noyer, frêne...) ne sont pas exclure notamment dans le cadre de l'hypothèse de fragments de racine...

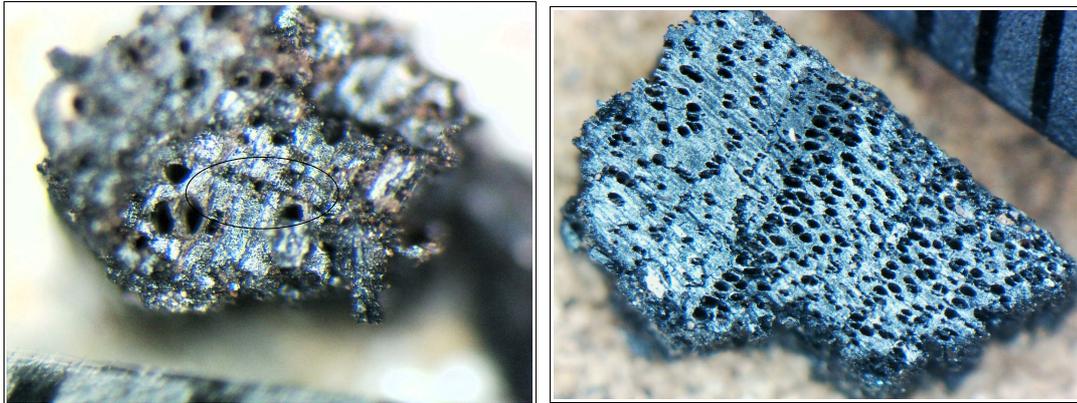


Fig. 14 – Fragments charbonneux en vues transversales montrant une porosité poreuse à semi-poreuse (image de droite). Quelques fines bandes tangentielles sont parfois perceptibles (image de gauche). A noter aussi des pores accolés tangentiellement ou de façon dendritique. Image de gauche (Prélèvement du Fait 3001), image de droite (Prélèvement du Fait 3003). L'échelle représente des millimètres.

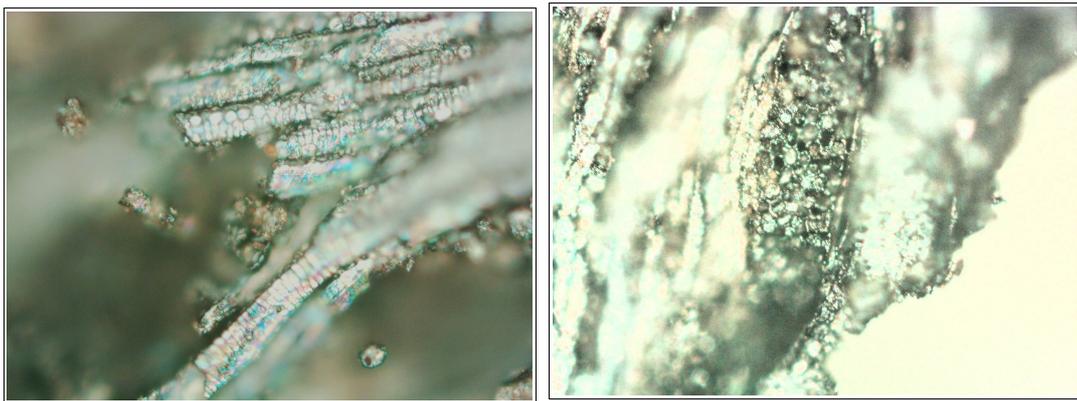


Fig. 15 – Fragments charbonneux en coupes tangentielles montrant des rayons multisériés de 5 à 6 cellules de large (image de droite). Les parois des vaisseaux montrent de fins épaissements spiralés nets et nombreux. Grossissement x400 pour l'image de gauche, x200 pour l'image de droite, prélèvement du Fait F3001

L'orme champêtre (*Ulmus minor*) dans l'aire géographique considérée, est une espèce héliophile présente dans les haies, forêts alluviales et parmi les végétations rudérales. C'est un bois qui est très apprécié pour ses qualités mécaniques et décoratives. Autrefois communes partout en plaine, les populations ont été fortement décimées par la graphiose au début du XXe siècle.

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

Remarque : Le saule et le peuplier sont assez proches anatomiquement parlant. La distinction n'a donc pas toujours été possible, d'où le taxon « saule/peuplier » (*Salix sp.* / *Populus sp.*) pour certains charbons.

Monocotylédones ou racine (?) : Certains fragments présentaient des tissus peu organisés (tissus médullaires ou sclérenchyme?), laissant apparaître des faisceaux vasculaires, parfois isolés, parfois disposés à intervalles réguliers (cf. Fig. 16). Pour certains charbons nous avons émis l'hypothèse de fragments de tiges de Monocotylédones.

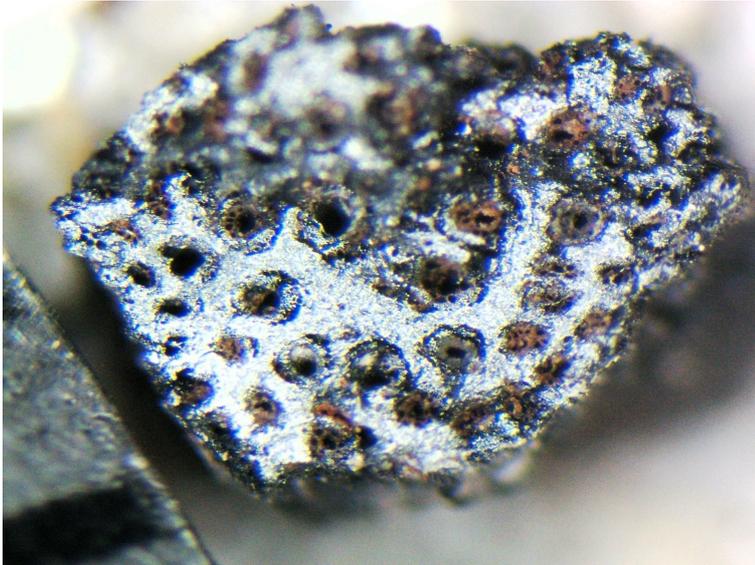


Fig. 16 – Fragment charbonneux montrant de nombreux faisceaux vasculaires en coupe transversale (prélèvement 3002, structure F3010).

On relève notamment parmi les monocotylédones : les Poacées, les Orchidées, les Joncacées, les Liliacées. La combustion de ces végétaux laisse généralement peu de vestiges.

Remarque : L'hypothèse de restes de racine n'est pas à exclure. Les racines ont une anatomie différente des bois de branches et de troncs les rendant difficiles à déterminer.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

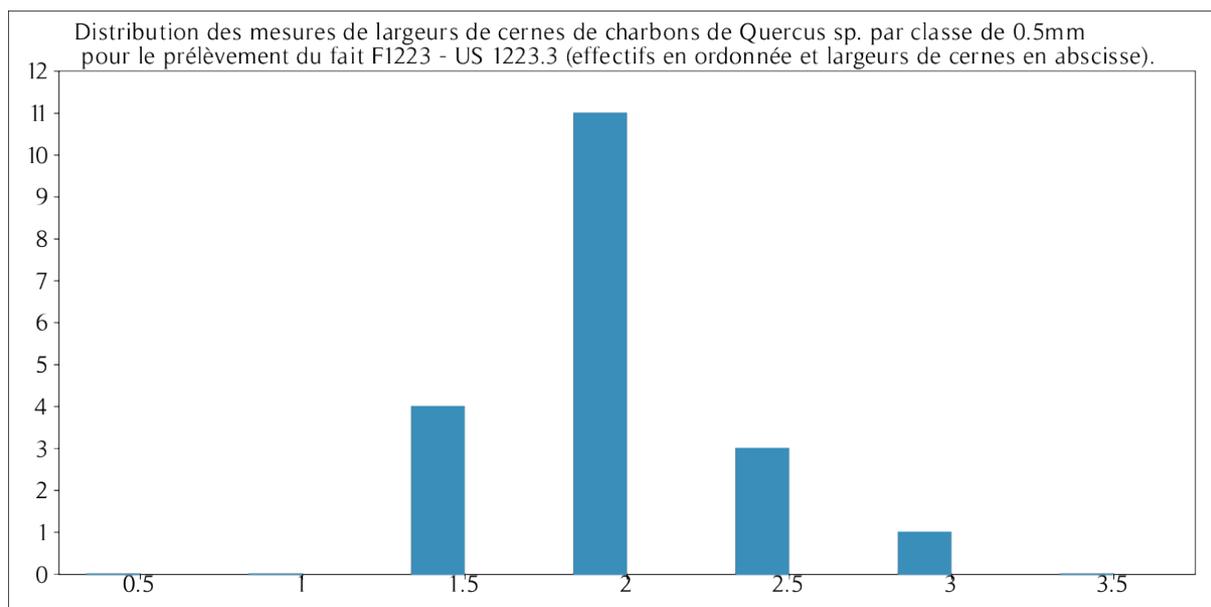
3.1. Trou de poteau d'un bâtiment médiéval

a. Résultats

- Fait 1223 , (US 1223.3)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Quercus/Castanea	6	0	1	2	0	0	0	0	1	0	1	0
Quercus sp.	27	1	20	4	20	1	12	1	2	0	0	9
	33	1	21	6	20	1	12	1	3	0	1	9

Fig. 17 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du fait F1223.



Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	19	36	1,84	0,37	1,35	2,89

Fig. 18 – Histogramme et tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire (effectifs en ordonnée et largeurs de cernes en abscisse). Prélèvement du Fait F1223.

b. Interprétations

Une trentaine de fragments a été observée dans ce prélèvement. L'analyse révéla un ensemble mono-spécifique composé de charbons de chêne (*Quercus sp.*) et de chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

Notons que l'hypothèse de la présence du châtaignier est peu probable. Le taxon anthracologique « chêne-châtaigner » est surtout lié à la difficulté de distinguer le chêne du châtaignier pour les petits fragments (cf. note à ce sujet chapitre 2.6.).

Le fait d'identifier uniquement des charbons de chêne dans le comblement du trou de poteau appuie l'hypothèse de restes de bois d'œuvre.

En ce qui concerne le calibre du bois, l'observation des courbures de cerne montre l'emploi de bois de calibre intermédiaire (grosse branche ou petit tronc). En effet, les fragments de courbure « intermédiaire » représentent environ les deux tiers des charbons (21/33), un seul fragment de courbure faible a été identifié. Notons toutefois que le caractère très fragmentaire des charbons (quelques millimètres tout au plus) n'a pas permis de procéder à des mesures d'angles nécessaires aux calculs de calibration.

De plus, la proportion des thylles observée est plutôt faible (environ un tiers) montrant l'utilisation de bois provenant plutôt d'arbres « jeunes ». On estime en effet que la « duraminisation » de l'aubier (apparition des thylles dans les vaisseaux) apparaît pour les arbres âgés d'au moins 4 à 35 ans environ.

Assez peu de charbons montrent des aspects « luisants » (5 charbons / 33). Les charbons ne semblent donc pas être issus d'une combustion particulièrement chaude, ni en contexte « confiné ou anaérobie » (Blaizot *et al.*, 2004). Le poteau n'a donc sans doute pas brûlé « sur place », ce qui est corroboré par l'absence de rubéfaction sur les parois du trou de poteau.

Au regard de ces observations, les charbons observés pourraient être la conséquence d'un « passage au feu » de la base du poteau antérieure à son implantation. Cette démarche vise en effet à donner un caractère imputrescible à la partie enterrée du poteau.

La proportion des fragments montrant des fentes de retrait est en revanche assez importante puisque la moitié environ des charbons étaient « fendus » (9 / 33). Le passage au feu aurait donc été effectué sur un bois encore à l'état « vert ».

Enfin, des mesures de largeurs de cerne ont pu être effectuées sur 19 charbons permettant de calculer une moyenne de l'ordre de 1,8mm / an avec un écart-type plutôt faible de 0,37mm/an. La distribution des valeurs est de forme unimodale, en cohérence avec un seul et même contexte de croissance (ce qui appuie aussi l'hypothèse d'une même pièce de bois) (Fig. 18).

Cette moyenne est plutôt caractéristique de conditions de croissances difficiles, probablement un boisement dense ou un contexte abiotique contraignant (sol pauvre, mauvaises expositions...).

3.2. Trous de poteaux d'un bâtiment antique

a. Résultats

- *Fait 1151, (US 1151.4)*

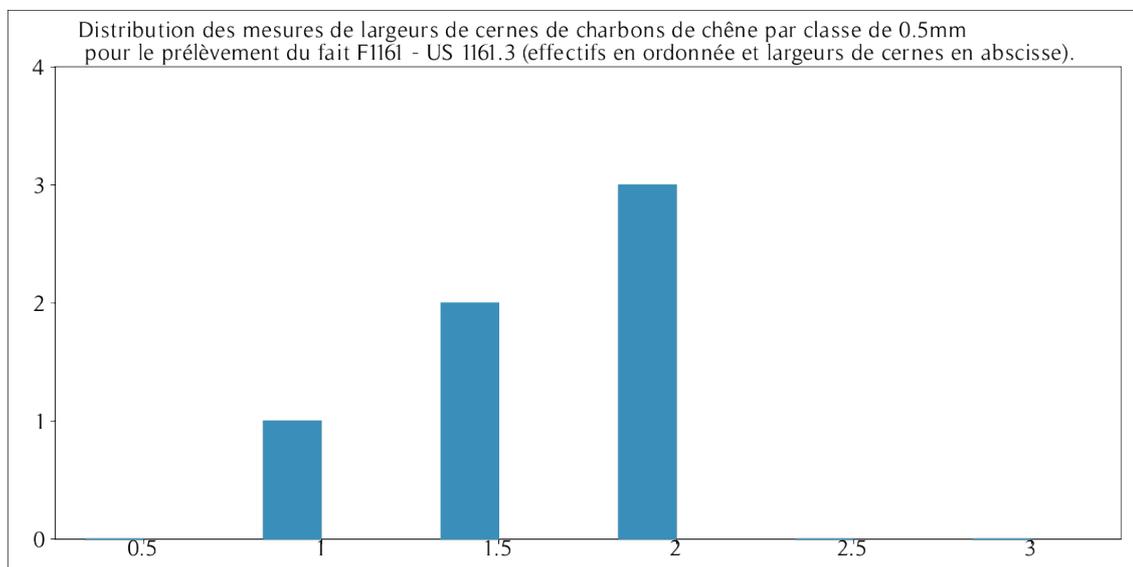
Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion				
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoliacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	19	0	5	3	0	0	0	0	2	0	2
Quercus sp.	17	0	6	7	0	2	1	0	1	0	0
	37	0	11	10	0	2	1	0	3	0	2

Fig. 19 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du Fait F1151.

- *Fait 1161, (US 1161.3)*

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Quercus/Castanea	9	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	8	0	8	0	6	0	0	0	0	1
	17	0	8	3	6	0	0	0	0	1

Fig. 20 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du Fait F1161



Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	6	6	1,47	0,42	1	2

Fig. 21 – Histogramme et tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire (effectifs en ordonnée et largeurs de cernes en abscisse). Prélèvement du Fait F1161.

- Fait 1296 , (US 1296.2)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant	
Quercus/Castanea	11	0	2	0	0	0	1	1	0	0
Quercus sp.	11	1	5	2	0	0	0	1	0	2
Salix/Populus	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Salix sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	25	1	8	3	0	0	1	2	0	2

Fig. 22 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du Fait F1296

- Fait 1304 , (US 1304.3)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						Thylle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fondu très brillant - struct. Inform.		Aspect granuleux - indet.
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Indéterminé - Ulmus sp probable	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus/Castanea	13	0	1	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Quercus sp.	22	0	13	8	8	2	0	0	1	0	1	0	0	1
	38	0	15	14	9	2	0	1	1	0	2	0	1	1

Fig. 23 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du Fait F1304

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	8	8	4,22	1,28	1,63	5,66

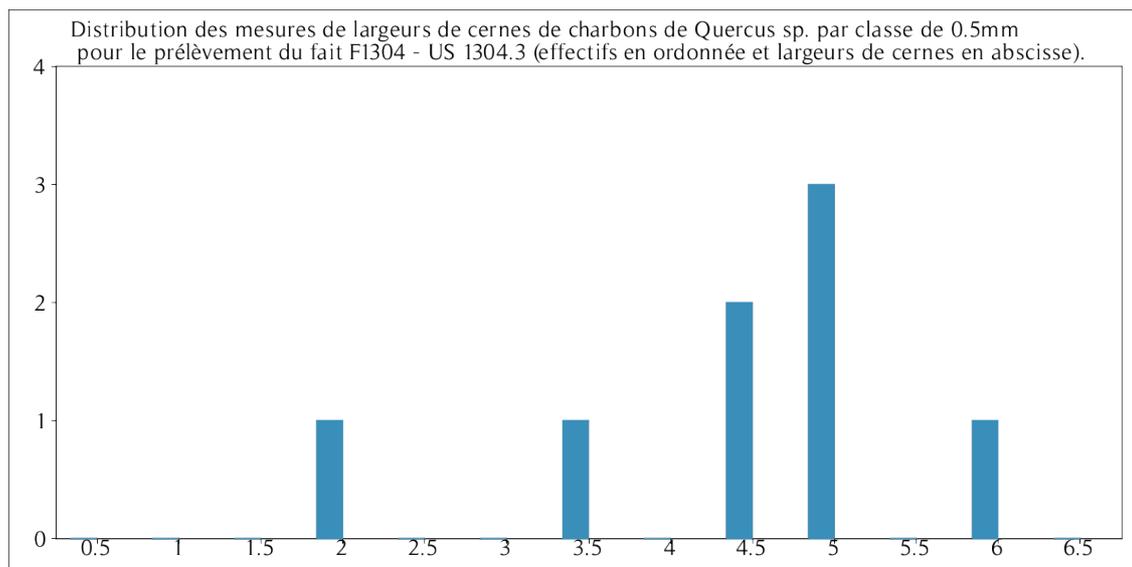


Fig. 24 – Histogramme et tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire (effectifs en ordonnée et largeurs de cernes en abscisse). Prélèvement du Fait F1304.

- Fait 1305 , (US 1305.2)

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion						Thylle	
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Aspect granuleux - indet.		
Indéterminé	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Quercus/Castanea	11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Quercus sp.	17	0	7	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	30	0	7	4	4	1	0	0	0	0	0	4	1	1

Fig. 25 - Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du Fait F1305, US 1305.2

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Intermediaire	Régulier	4	5	1,31	0,61	0,85	2,2

Fig. 26 - Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire (effectifs en ordonnée et largeurs de cernes en abscisse). Prélèvement du Fait F1305.

b. Interprétations

Les comblements des trous de poteaux appartenant à un même bâtiment antique ont fait l'objet de cinq prélèvements.

Les analyses révélèrent essentiellement des fragments de chêne (*Quercus sp.*) et de chêne-châtaigner (*Quercus sp.* - *Castanea sp.*).

En plus du chêne, quelques rares fragments de saule / peuplier (*Salix sp.* / *Populus sp.*, Fait 1296) et d'un taxon indéterminé (orme ou racine, Fait 1304) ont été observés (Fig. 27). Ce sont probablement des charbons en position secondaire mais néanmoins contemporain du comblement des trous de poteau. Au regard de la nature de ces taxons, il pourrait s'agir, soit de restes de combustible pour le fragment indéterminé (orme ou racine?) et pour les charbons de saule/peuplier (bois tendre, souvent utilisé lors des phases d'allumage des combustions), soit de restes de bois de construction pour le saule / peuplier (le saule est souvent employé pour la confection de clayonnages par son caractère relativement imputrescible et flexible).

Remarque : La détection d'un fragment « indéterminé mais apparenté à l'orme » (cf. note à ce sujet dans le chapitre 2.6.) dans le prélèvement du fait F1304 est à noter, car même si le fragment est indéterminé il est très caractéristique et semble bien correspondre au taxon identifié dans les prélèvements issus des comblements des « chablis rubéfiés » (Fait F3011, US 3011.3 et Fait F3012, US 3012.3). Même si le constat ne repose que sur l'identification d'un seul charbon dans le Fait F1304 (une pollution potentielle ne peut être écartée...), cela pourrait indiquer une certaine contemporanéité entre le fonctionnement des « chablis rubéfiés » et le remplissage du trou de poteau F1304.

	Fait 1151	Fait 1161	Fait 1296	Fait 1304	Fait 1305
Chêne (Quercus sp.)	++	++	++	+++	+++
Chêne-châtaignier (Quercus sp. / Castanea sp.)	+++	+++	++	++	++
Saule (Salix sp.)			+		
Saule / peuplier (Salix sp. / Populus sp.)			+		
Indéterminé / probable orme (Ulmus sp.)				+	
Proportion de fragments avec thylle (P/A)	5,40%	5,00%	2,50%	8,00%	3,00%
Proportion de fragments d'aspect luisant	13,00%	0,00%	12,00%	10,00%	17,00%
Proportion de fragments avec fentes de retrait	16,00%	0,00%	4,00%	0,00%	13,00%
Moyennes de largeurs de cerne (mm / an)		1,47 mm / an (ecart type = 0,42 mm)		4,22 mm / an (ecart type =1,28 mm)	1,31 mm / an (ecart type =0,61 mm)

Fig. 27 – Tableau synthétisant l'importance des essences observées ainsi quelques indices descriptifs dans chaque prélèvement.

Les autres charbons correspondent exclusivement au chêne et chêne-châtaignier (probablement uniquement du chêne, cf. remarque à propos du châtaignier paragraphe 2.6.).

Le caractère quasi-monospécifique des charbons retrouvés dans les comblements des trous de poteaux, appuie l'hypothèse de restes de bois d'œuvre. En effet, des assemblages anthracologiques correspondant à des restes de combustibles se caractériseraient par davantage de diversité liées aux différentes phases d'allumage (généralement des bois tendres de petit calibre) puis d'entretien (avec des bois d'essences plus denses) pour alimenter les combustions.

L'essentiel des fragments ayant fait l'objet d'observations de courbures de cerne montre des courbures fortes et intermédiaires. Ce sont donc probablement des bois de moyen calibre (grosses branches – petits troncs) qui ont été utilisés, en cohérence avec l'hypothèse de restes de bois d'œuvre (poteaux ?). Notons qu'il ne peut s'agir de bois de sections très importantes car très peu de fragments de courbures faibles ont été observés.

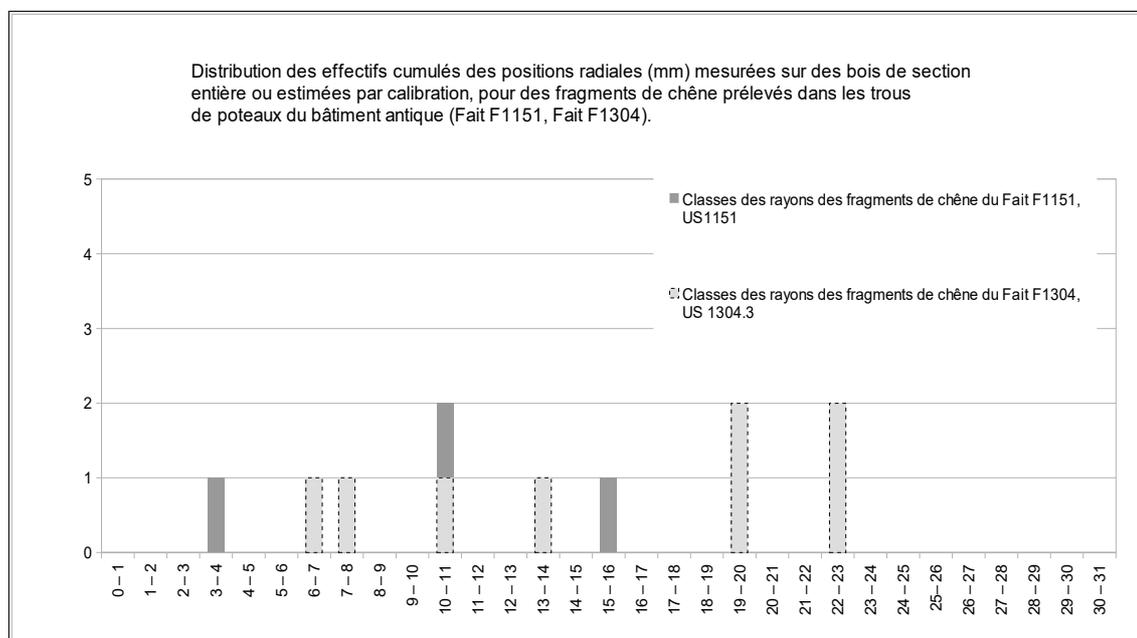


Fig. 28 – Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales calculées pour les fragments de chêne par classe de 1 mm pour les prélèvements provenant des Faits F1151 et F1304.

Des calculs de calibration réalisés sur une douzaine de fragments de chêne (les plus gros charbons des faits F1151 et F1304) ont permis d'estimer des rayons minimum

compris entre 3 et 23 mm environ (Fig. 28). Notons toutefois que la petite taille (rarement plus de quelques millimètre) de la plupart des fragments permet difficilement de calculer les positions radiales. La calibration sous-évalue très probablement le calibre de certains fragments, notamment car il est difficile d'évaluer l'angle entre deux rayons pour les petits fragments (cf. chapitre 2.4.).

La proportion de fragments où ont été observés des thylles à l'intérieur des vaisseaux est assez faible (de 2 à 8% des charbons). Les thylles sont caractéristiques de bois de cœur apparaissant chez les arbres adultes. Cela tendrait donc à montrer que ce sont plutôt des bois jeunes (environ 20 à 30 ans maximum) qui ont été employés.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, très peu montrent des aspects « luisant », 13% à 17% des charbons tout au plus dans les prélèvements F1304 et F1305. De plus, observation de « fentes de retrait » sur les charbons sont assez rares (0 à 16% des fragments).

Les charbons sont donc plutôt issus de bois brûlés à l'état sec et de combustions relativement « aérobies ». Ce constat ainsi que l'absence de parois rubéfiées sur les trous de poteaux vont à l'encontre d'une combustion des poteaux « sur place ». On peut émettre l'hypothèse de restes charbonneux résultant d'un « passage au feu » de la base des poteaux avant leur implantation.

Enfin, des mesures de largeurs de cerne ont pu être effectuées sur des fragments de chêne des prélèvements F1161, F1304 et F1305 (Fig. 21, 24 et 26). Les moyennes obtenues sont très différentes. Les moyennes obtenues pour les prélèvements des Faits F1161 et F1305 sont de l'ordre de 1,3 à 1,4 mm/an avec de faibles écarts-types. Ces moyennes sont caractéristiques de bois ayant poussé dans des conditions plutôt contraignantes (ex. un boisement dense, sols pauvres...). En revanche, la moyenne obtenue pour le prélèvement F1304 montre une croissance dynamique, de l'ordre de 4 mm / an avec une forte disparité des valeurs (écart-type = 1,28 mm). Cette valeur pourrait caractériser un bois ayant poussé dans des conditions ouvertes (ex. haies) ou bien la croissance d'un arbre encore assez jeune (les croissances des jeunes arbres sont plus dynamiques).

3.3. Prélèvements du comblement d'un « chablis rubéfié »

a. Résultats

- *Fait 3010, (US 3010.3)*

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Alnus sp.	5	0	0	1	0	0	0	1	0
Indéterminé	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Monocotylédone	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Salix/Populus, probable	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	2	0	0	0	1	0

Fig. 29 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du Fait F3010

- *Fait 3011, (US 3011.3)*

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion		
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu/Luisant
Indéterminé	2	0	1	0	0	0	0	0	0
Indéterminé, Ulmus sp. probable	28	0	2	2	0	0	0	0	0
	30	0	3	2	0	0	0	0	0

Fig. 30 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du Fait F3011

- *Fait 3012, (US 3012.3)*

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme			Combustion			
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud
Indéterminé, Ulmus sp. probable	28	0	9	12	0	0	0	5	2	0	0
Indéterminé	8	0	1	5	0	0	0	1	2	0	1
	36	0	10	17	0	0	0	6	4	0	1

Fig. 31 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du Fait F3012

b. Interprétations

- Ensembles anthracologiques des Faits F3011 et F3012 :

L'analyse des prélèvements des Faits F3011 et F3012 (Fig. 30 et 31) révéla des compositions anthracologiques semblables avec un taxon unique : « indéterminé mais apparenté à de l'orme ». L'hypothèse de racine a été émise (cf. chapitre 2.6.).

Pour ces deux prélèvements, les fragments observés correspondent essentiellement à des restes de bois de moyen calibre de type « branches » ou grosses racines (courbures de cernes intermédiaires).

La faible proportion des charbons d'aspects luisants (environ 30% pour le prélèvement du Fait 3012 et 0% pour F3011) ou présentant des fentes de retrait (14% pour F3012) indique que les bois ont été brûlés à l'état sec et dans des conditions relativement bien « oxygénées ».

Notons que la combustion de bois sec, irait plutôt à l'encontre d'une combustion de type écobuage (?).

- Ensemble anthracologique du Fait F3010 :

En ce qui concerne le prélèvement du Fait F3010, une dizaine de fragments a pu être observée. Il s'agit essentiellement de charbons d'aulne (*Alnus sp.*) mais aussi probablement d'un fragment de saule / peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*) et d'une tige de Monocotylédone voire de racine (cf. chapitre 2.6.).

Les fragments observés proviennent systématiquement de bois de petit calibre (forte courbure de cerne) et ne présentaient pas d'aspect particulièrement luisant.

Notons enfin que le bois d'aulne et de saule/peuplier correspondent à des bois « tendres ou légers ». Ce sont donc des combustibles qui s'enflamment facilement, générant une combustion vive, mais brève. Ce ne sont pas des combustibles très recherchés pour alimenter des foyers, car leurs braises ne durent pas.

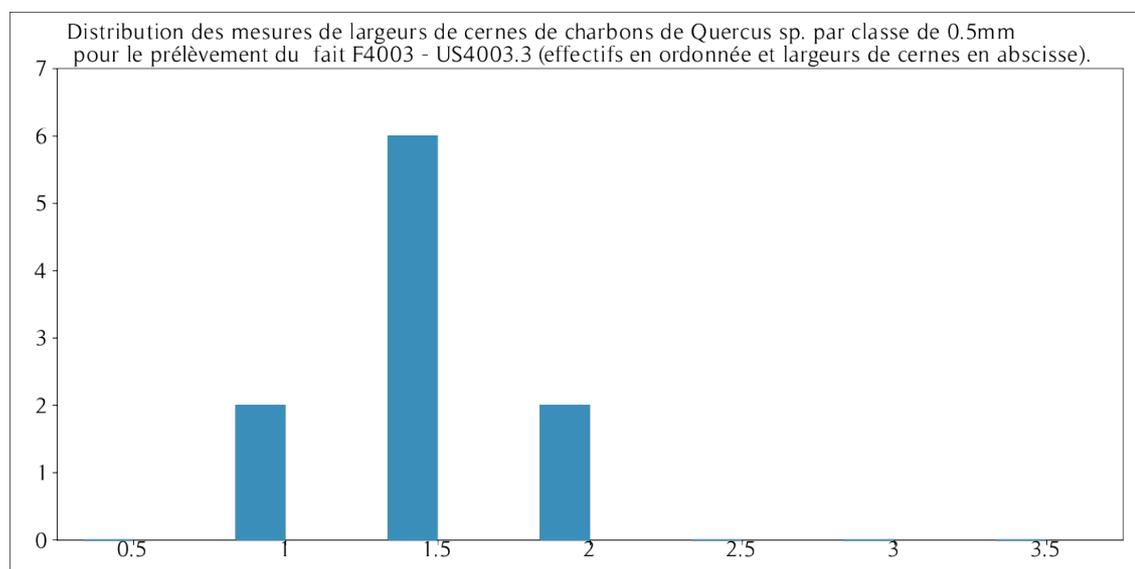
3.4. Prélèvement d'un foyer, Fait 4003

a. Résultats

- *Fait 4003, (US 4003.3)*

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme			Combustion				Thylle
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informé solidifié	Fendu / Luisant / noeud	
Indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Quercus/Castanea	5	0	1	1	0	0	0	3	0	0	1	1
Quercus sp.	29	2	18	2	10	3	1	8	15	0	0	14
	35	2	19	4	10	3	1	11	15	0	2	16

Fig. 32 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement du Fait F4003



Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermediaire	Régulier	10	24	1,23	0,24	0,8	1,57

Fig. 33 – Histogramme et tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire (effectifs en ordonnée et largeurs de cernes en abscisse). Prélèvement du Fait F4003 (US4003.3).

b. Interprétations

L'ensemble charbonneux étudié est composé uniquement de fragments de chêne (*Quercus sp.*) ou de chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*).

L'observation des courbures de cernes montre une majorité de fragments de courbure intermédiaire (75%). Il est donc probable que les charbons soient issus principalement de bois de grosses branches. L'hypothèse est appuyée par le nombre assez important de charbons présentant des thylles (50%), significatifs de bois de cœur, donc de bois d'au moins quelques dizaines d'années.

Le chêne est un bois « dur » (densité entre 700 et 1000 kg / m³) que l'on peut qualifier d'excellent combustible, car ses braises durent longtemps. Il est parfois difficile à enflammer, d'où la nécessité de l'associer à des bois plus tendres (ex. saule/peuplier, aulne, noisetier non identifiés ici) ou des bois de petits calibres, ce qui a dû être le cas, pour faciliter l'allumage.

Les charbons sont majoritairement luisants (environ 80%). Ces aspects peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et relativement peu oxygénées (Blaizot *et al.*, 2004)(Fig. 32).

On peut évoquer un contexte de combustion chaud et confiné (de type four ?) voire de combustion de « fond de foyer ».

Compte tenu de la qualité du combustible employé, il pourrait s'agir de restes de combustibles sélectionnés dans le cadre d'une activité de type « artisanal ».

La proportion de charbons d'aspect fendu (ou fendu-luisant) est assez importante (environ 40% des fragments) montrant qu'une partie des bois a été brûlée à l'état vert.

Au niveau paléoenvironnemental, des mesures de largeurs de cerne ont été réalisées sur une dizaine de fragments de chêne. Ces mesures ont permis de calculer des moyennes de l'ordre de 1,23 mm / an. Ce résultat est caractéristique de contextes de croissance difficiles, probablement des boisements denses et/ou des contextes abiotiques contraignants comme des sols pauvres, hydromorphes, ou une mauvaise exposition. La distribution des valeurs est de type « uni-modale », indiquant une même source ou un même lieu d'approvisionnement.

4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Près de 300 fragments ont été observés (Fig. 1).

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p>Trou de poteau médiéval</p> <p>Fait 1223 (US 1223)</p>	<p>chêne (<i>Quercus sp.</i>),</p> <p>chêne-châtaigner (<i>Quercus sp. / Castanea sp.</i>)</p>	<p>Restes de bois d'œuvre.</p> <p>Le fait d'identifier uniquement des charbons de chêne dans le comblement du trou de poteau appuie l'hypothèse de restes de bois d'œuvre.</p> <p>L'observation des courbures de cerne montre l'emploi de bois de calibre intermédiaire (grosse branche ou petit tronc).</p> <p>Au regard de ces observations, les charbons pourraient être la conséquence d'un « passage au feu » de la base du poteau antérieure à son implantation. Cette démarche vise en effet à donner un caractère imputrescible à la partie enterrée du poteau.</p> <p>La proportion des fragments montrant des fentes de retrait est assez importante. Le passage au feu aurait donc été effectué sur un bois encore à l'état « vert ».</p>	<p>Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp. / Castanea sp.</i></p> <p>Mesures de largeurs de cernes :</p> <p>Moyenne = 1,84 mm (N=19 ; Ec-type = 0,37 mm)</p> <p><i>Cette moyenne est caractéristique de conditions de croissances difficiles, probablement un boisement dense ou un contexte abiotique contraignant (sol, pauvre, mauvaise expositions...).</i></p>

Fig. 34 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques associés au prélèvement du trou de poteau du Fait 1223.

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
<p>Trous de poteaux d'un bâtiment antique</p> <p>Fait 1151 (US 1151.4), Fait 1161 (US 1161.3), Fait 1296 (US 1296.2), Fait 1304 (US 1304.3) Fait 1305 (US 1305.2)</p>	<p>chêne (<i>Quercus sp.</i>),</p> <p>chêne-châtaigner (<i>Quercus sp. / Castanea sp.</i>),</p> <p>Saule (<i>Salix sp.</i>),</p> <p>Saule / peuplier (<i>Salix sp. / Populus sp.</i>)</p>	<p>Restes de bois d'œuvre accompagnés de restes de combustibles.</p> <p>L'étude a révélé des compositions anthracologiques assez homogènes composées essentiellement de fragments de chêne, mais aussi de quelques charbons de saule, saule/peuplier (prélèvement du Fait 1296) et d'une essence indéterminée (racine ou orme?) (prélèvement du Fait 1304). Ces charbons différents du chêne pourraient correspondre à des restes de combustibles en position secondaire.</p> <p>Le caractère quasi-monospécifique des charbons de chêne retrouvés dans les comblements des trous de poteau, appuie l'hypothèse de restes de poteau.</p> <p>L'essentiel des fragments montre des courbures de cernes fortes et intermédiaires. Les fragments proviennent de bois de moyen calibre (grosses branches – petits troncs) en cohérence avec l'hypothèse de restes de bois d'œuvre. Des estimations par calibration sur une dizaine de fragments ont révélé des positions radiales entre 3 et 23 mm, mais ces valeurs sont probablement sous-évaluées.</p> <p>Très peu de charbons ont montré des aspects luisants ou fendus. Les charbons sont donc plutôt issus de bois brûlés à l'état sec et de combustions relativement « aérobies ». On peut émettre l'hypothèse de restes carbonneux résultant d'un « passage au feu » de la base des poteaux avant leur implantation.</p>	<p>Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i>, <i>Quercus sp. / Castanea sp.</i></p> <p>Boisements humides : <i>Salix sp. / Populus sp.</i>, <i>Salix sp.</i></p> <p>Mesures de largeurs de cernes :</p> <p><i>Fait : F1161 : Moyenne = 1,47 mm (N=6 ; Ec-type = 0,42 mm)</i></p> <p><i>Fait : F1305 : Moyenne = 1,31 mm (N=4 ; Ec-type = 0,61 mm)</i></p> <p><i>: Contextes de croissance difficiles (ex. boisement dense)</i></p> <p><i>Fait : F1304</i></p> <p><i>Moyenne = 4,22 mm (N=8 ; Ec-type = 1,28 mm)</i></p> <p><i>: Contextes de croissance hétérogènes. (boisements denses et haies). Peut être plusieurs sources d'approvisionnements</i></p>

Fig. 35 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques des prélèvements provenant des comblements de trous de poteaux antiques (Faits F1151, F1161, F1296, F1304)

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Prélèvements de comblements de « chablis rubéfiés » Faits F3011, F3012, F3010.	Indéterminé, racine ou orme probable (<i>Ulmus sp.</i>) Aulne (<i>Alnus sp.</i>), Saule/peuplier (<i>Salix sp.</i> / <i>Populus sp.</i>) Monocotylédone ou racine	- Comblement de chablis, Faits F3011 et F3012. Un taxon unique a été identifié dans les deux ensembles. L'essence est indéterminée, il pourrait s'agir de restes de racine. L'hypothèse de l'orme a été proposée. La faible proportion des charbons d'aspects luisants ou présentant des fentes de retrait indique que les bois ont été brûlés à l'état sec et dans des conditions relativement bien « oxygénées ». Notons que la combustion de bois sec, irait plutôt à l'encontre d'une combustion de type écobuage (?). - Comblement de chablis, Fait F3010. Une dizaine de fragments a pu être observée. Il s'agit essentiellement de charbons d'aulne mais aussi probablement d'un fragment de saule / peuplier (<i>Salix sp.</i> / <i>Populus sp.</i>) et d'une tige de Monocotylédone voire de racine. Il pourrait s'agir de restes de combustibles. Le bois de saule/peuplier et d'aulne sont des bois tendres, ils génèrent des combustions vives mais brèves.	Boisements humides : <i>Alnus sp.</i> , <i>Salix sp.</i> / <i>Populus sp.</i> <i>Ulmus sp.</i> ?

Fig. 36 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques pour les prélèvements provenant des comblements de « chablis rubéfiés ». Prélèvements des Faits F3011, F3012 et F3010.

Inventaire des prélèvements et comblements associés	Taxons	Hypothèses techniques	Aires de collecte : informations sur les types et structures des boisements.
Foyer, Fait F4003	chêne (<i>Quercus sp.</i>), chêne-châtaigner (<i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i>),	Restes de combustibles en place à l'intérieur d'une structure de type « foyer ».Hypothèse d'une activité de type « artisanal » (?) L'étude révéla uniquement des charbons de chêne principalement de courbure intermédiaire. Il est probable que les charbons proviennent de bois de grosses branches. Les charbons sont majoritairement luisants (environ 80%). Ces aspects peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et relativement peu oxygénées. On peut évoquer un contexte de combustion chaud et confiné (de type four ?) voire de combustion de « fond de foyer ». Compte tenu de la qualité du combustible employé, il pourrait s'agir de restes de combustibles sélectionnés dans le cadre d'une activité de type « artisanal ». La proportion de charbons d'aspect fendu (ou fendu-luisant) est assez importante (environ 40% des fragments) montrant qu'une partie des bois a été brûlée à l'état vert.	Boisement de type chênaie : <i>Quercus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> / <i>Castanea sp.</i> Mesures de largeurs de cernes : <i>Moyenne = 1,23 mm (N=10 ; Ec-type = 0,24 mm)</i> : Contextes de croissance difficiles (ex. boisement dense). La distribution des valeurs est de type « unimodale », indiquant une même source ou un même lieu d'approvisionnement.

Fig. 37 – Tableau récapitulatif des informations anthracologiques pour le prélèvement provenant d'un foyer, Fait 4003.

- Informations d'ordre environnemental

Compte tenu de l'origine des prélèvements, principalement des comblements de trous de poteaux et de chablis, les ensembles charbonneux se révélèrent peu diversifiés.

Seulement cinq à sept taxons anthracologiques ont été identifiés.

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** avec le chêne (*Quercus sp.*) et chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*)
- **les boisements humides** avec l'aulne (*Alnus sp.*), le saule / peuplier (*Salix sp. / Populus sp.*) voire aussi l'orme (*Ulmus sp.*) mais dont l'identification est incertaine.

	Comblement d'un trou de poteau d'un bâtiment médiéval Fait 1223	Comblement de trous de poteaux d'un bâtiment antique					Comblements de « chablis rubéfiés »			Struct. type foyer F4003
		Fait 1151	Fait 1161	Fait 1296	Fait 1304	Fait 1305	Fait 3010	Fait 3011	Fait 3012	
Groupes forestiers de la chênaie										
Boisements humides								? (orme)	? (orme)	

Fig. 38 – Tableau montrant les différents types de boisements explorés en fonction des différents contextes de prélèvement.

Les mesures de largeurs de cernes effectuées sur les fragments de chêne de gros et moyen calibre provenant des Faits F1223 (TP médiéval), F1161, F1305 (TP antique) et du foyer F4003 ont permis de calculer des moyennes de l'ordre de 1,23 mm / an à 1,84 mm / an (Fig. 34, 35 et 37). Ces valeurs correspondent à des contextes de croissances difficiles, en liaison avec des contextes abiotiques (ex. sols pauvres, mauvaise exposition, pentes...) et/ou biotiques contraignants (compétition vis-à-vis des ressources, ex. chênaie dense). On peut suggérer des collectes de bois et des abattages d'arbres (chênes) dans des chênaies denses. Si l'on s'en tient à ces résultats, il n'est pas possible de percevoir d'évolution de structures des boisements entre l'Antiquité et le Moyen-Âge.

Notons toutefois une plus forte hétérogénéité des valeurs pour le prélèvement du Fait F1304 (Moyenne de 4,22 mm / an avec un écart-type de 1,28 mm), ce qui suggère des collectes dans des boisements de structures diverses (boisements à la fois denses et plus ouverts).

– **Informations d'ordre ethnographique :**

– Charbons provenant des trous de poteaux :

Six des dix prélèvements proviennent de comblements de trous de poteaux.

Les fragments étudiés correspondent presque exclusivement à du chêne. L'observation des courbure de cerne montra une majorité de fragments provenant de bois de moyen calibre : grosses branches voire de petit troncs. Notons toutefois que la petite taille des fragments a rendu très difficile les mesures de calibration. Le calibre des bois est peut-être sous-estimé.

L'aspect des charbons était globalement mat (non luisant). De plus, peu de charbons étaient porteurs de « fentes de retrait ».

Compte tenu de ces constatations, les charbons sont donc plutôt issus de bois brûlés à l'état sec et de combustions relativement « aérobies ». Ce constat ainsi que l'absence de parois rubéfiées sur les trous de poteaux vont à l'encontre d'une combustion des poteaux « sur place ». On peut émettre l'hypothèse de restes carbonneux résultant d'un « passage au feu » de la base des poteaux antérieur à leur implantation. En effet, cette pratique est assez courante afin de conférer au bois un caractère relativement « dur et imputrescible ».

– Charbons provenant des comblements de chablis :

Les prélèvements associés aux chablis F3011 et F3012 ont livré des ensembles carbonneux semblables avec un même taxon qui n'a malheureusement pas été possible de déterminer de façon certaine (chapitre 2.6.). Il pourrait s'agir de restes de racines, voire de fragments d'orme ?

L'aspect des charbons nous renseignent en revanche sur le type de combustion. Les charbons n'avaient pas d'aspect particulièrement luisant, ni d'aspect fendu. La combustion semble donc s'être produite en contexte plutôt ouvert sur des bois secs. L'hypothèse d'un écobuage, parfois évoqué, n'est pas confortée par ces résultats, car cette pratique est généralement employée sur des bois encore verts.

En ce qui concerne le chablis F3010, les fragments identifiés correspondent à des petits bois d'essences hygrophiles : aulne, saule, peuplier et d'une tige de Monocotylédone ou de racine. Ce sont des bois tendres qui ont dû générer des combustions vives mais brèves.

Dans les deux cas, les combustions ne semblent pas correspondre ni à des rejets de foyers domestiques, ni à des rejets de combustions de type artisanal connues. En effet, les essences identifiées offrent des qualités de combustibilité plutôt médiocres. Aucun fragment ne provient d'essences pouvant générer des braises tenant dans la durée (type chêne). Il ne s'agit donc probablement pas de restes de combustibles mais plutôt de restes de bois (racines...) rassemblés en vue d'être brûlés et détruits.

- Charbons provenant du foyer F4003 :

L'ensemble charbonneux était composé uniquement de fragments de chêne probablement de « moyen » calibre (grosses branches).

Les charbons avaient majoritairement un aspect luisant (environ 80%), que l'on peut interpréter comme un premier stade de « vitrification », caractéristique de conditions de combustions chaudes et peu oxygénées. On peut évoquer un contexte de combustion chaud et confiné (de type four ?), voire de combustion de « fond de foyer ».

Le chêne est un bois dur, qualifié d'excellent combustible car ses braises durent longtemps et génèrent beaucoup d'énergie.

Il est probable que l'emploi exclusif de bois de chêne découle d'un choix technique. L'hypothèse de restes de combustion associés à une activité de type « artisanal » est possible.

5. BIBLIOGRAPHIE

BLAIZOT F., FABRE L., WATTEZ J., VITAL J., COMBES P., 2004 - *Un système énigmatique de combustion au Bronze moyen sur le plateau d'Espalem (canton de Blesle, Haute-Loire)* In: Bulletin de la Société préhistorique française. tome 101, N. 2. pp. 325-344.

CHABAL L., 1997 - *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive) L'anthracologie, méthode et paléoécologie*. Documents d'Archéologie Française. Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 63, p. 18-61.

CHABAL L., FABRE L., TERRAL J.-F. and THERY-PARISOT I., 1999 - *L'anthracologie*. In BROCHIER J.E., BOURQUIN-MIGNOT C., CHABAL L., CROZAT S., FABRE L., GUIBAL F., MARINVAL P., RICHARD H., TERRAL J.-F., THERY I. (éds.), Errance (Collection "Archéologiques"). La Botanique, Paris, 207 p.

DUFRAISSE A., GARCIA MARTINEZ M.-S., 2011 - Mesurer les diamètres du bois de feu en anthracologie. Outils dendrométriques et interprétation des données. ANTHROPOBOTANICA, 2, 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.

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

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

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

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

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

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

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

PARADIS S. 2007 - *Étude dendro-anthracologique : une approche méthodologique pour l'étude du calibre des bois*. Mémoire de Master 2, université de Dijon, 64 p.

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

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

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 ». Coupe transversale. Grossissement x15. Prélèvement n°F4003. L'échelle représente des millimètres.

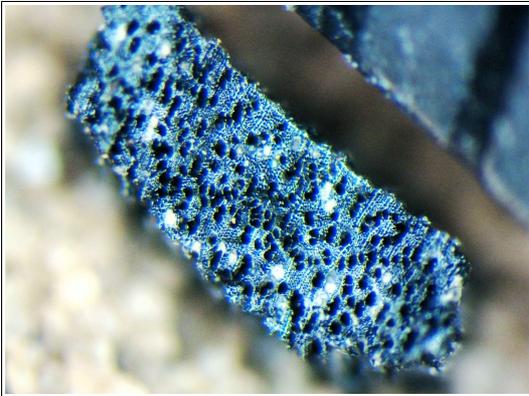


Fig. 40 – Fragment de saule/peuplier (*Salix sp.* / *Populus sp.*) de forte courbure de cerne. Coupe transversale. Prélèvement F1296. Grossissement x42. L'échelle représente des millimètres.

7. ANNEXE – Inventaire des fragments sélectionnés pour datations radiocarbone.

7.1. Prélèvement « F1223 – US 1223.3 » (Trou de poteau)

- **Résultats**

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1
2	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1 (à choisir)
3	Quercus/Castanea	Forte (brindille?)	Mat	Absence	Absence	Absence	0

Fig. 41 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « F1223 – US 1223.3».

- **Description**

Une trentaine de charbons a été observée pour ce prélèvement. Au regard de la composition « mono-spécifique », il est assez probable que les fragments proviennent du poteau.

L'observation globale n'a pas permis d'observer de graines ni de brindilles.

Sélection de charbons pour datation :

Tube 1 : Fragment de chêne de courbure intermédiaire. L'absence de thylles dans les vaisseau indique un potentiel fragment d'aubier...

Tube 2 : Fragment de chêne de courbure intermédiaire à faible. Absence de thylles sur les parois des vaisseaux, potentiel fragment d'aubier... A choisir par rapport au fragment du tube 1 si nécessaire.

Tube 3 : Probable fragment de brindille de chêne/châtaignier d'après la forme, mais l'écorce n'est pas visible, donc pas particulièrement favorable...

Charbons à sélectionner pour datation : Choisir de préférence le fragment du tube n°2 car le charbon provient probablement de l'aubier. De plus, la courbure du fragment semblerait indiquer une provenance un peu plus extérieure, donc plus proche de la date d'abattage.

7.2. Prélèvement « F1296 – US 1296.2 » (Trou de poteau)

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Salix/populus	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1
2	Salix sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	1 (à choisir)
3	Quercus sp.	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1

Fig. 42 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « F1296 – US 1296.2».

● Description

L'observation globale n'a pas permis d'identifier de graine ni de brindille. De façon générale les fragments de chêne n'avaient pas de thyllés, ce qui indiquerait la provenance d'aubier.

Tube 1 : fragment de saule/peuplier de courbure intermédiaire. Probablement saule car observation de rayons de type hétérogène. Fragment plutôt favorable pour une datation car essences de faibles longévités.

Tube 2 : Petit fragment de saule. La détermination du saule est plus certaine que pour le tube 1, car observation nette d'au moins un rayon de type hétérogène. Favorable car faible longévité. Moins de matière que tube 1 mais l'attribution quasi certaine au saule le rend plus favorable que le tube n°1.

Tube 3 : Petit fragment de chêne, sans thylle donc potentiellement intéressant. Moins que saule.

Charbons à sélectionner pour datation : Choisir de préférence le fragment du tube n°2, car le saule a une faible longévité, entre 50 et 70 ans au maximum.

7.3. Prélèvement « F1304 – US 1304.3 » (Trou de poteau)

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1
2	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1
3	Quercus sp.	Intermédiaire	Mat	Absence	Absence	Absence	1 (à choisir)
4	Indéterminé (écorce?)	Forte	granuleux	Absence	Absence	Absence	0
5	Indéterminé, proble Ulmus sp.	Intermédiaire	Absence	Absence	Absence	Absence	0

Fig. 43 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « F1304 – US 1304.3».

● Description

L'observation globale n'a pas permis d'identifier de graine ni de brindille.

Tube 1 : fragment de chêne sans thylles, courbure intermédiaire à forte. Potentiel petite branche d'aubier. Montre un peu plus de matière que tube 2.

Tube 2 : fragment de chêne sans thylles, courbure intermédiaire à forte. Potentiel petite branche d'aubier.

Tube 3 : fragment de chêne de courbure intermédiaire, avec de nombreux vaisseaux sans thylles. Paraît un peu plus favorable que les tubes 1 et 2.

Tube 4 : fragment indéterminé, anatomie "déstructurée", potentiel fragment d'écorce... pourrait être intéressant pour une datation mais la détermination incertaine...

Tube 5 : Fragment indéterminé, de courbure intermédiaire. Fragment de porosité semi-poreuse avec des gros vaisseaux. En coupe tangentielle, observation de vaisseaux avec des épaisissements spiralés et des rayons de 2-3 cellules, jusqu'à 5-6 cellules de large pour 20-30 cellules de haut. L'orme serait un bon candidat malgré l'absence de bandes tangentielles de vaisseaux nettes sur le plan transversal. Le fragment reste indéterminé. L'hypothèse d'un fragment de racine n'est pas à exclure (cf. note à propos de l'orme chapitre 2.6.). Il est important de noter que ce fragment unique dans le prélèvement « F1304 » est à rapprocher des fragments des prélèvements P3003 et P3001 (comblement de chablis) ou ce « taxon » est détecté en quantité.

Charbons à sélectionner pour datation : Choisir de préférence le fragment du tube n°3, à défaut les tubes n°1 ou n°2. Probables fragments d'aubier de branches de chêne.

7.4. Prélèvement « Fait 1305 – US 1305.2 » (Trou de poteau)

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus/Castanea	Forte	Mat	Absence	Absence	Absence	1
2	Quercus sp.	Faible	Mat	Absence	Absence	Absence	1 (à choisir)
3	Quercus sp.	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	Absence	1

Fig. 44 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « F1305– US 1305.2 ».

● Description

L'observation globale n'a pas permis d'identifier de graines ni de brindilles.

Tube 1 : petit fragment de chêne/châtaignier ; sans thylles donc probable fragment d'aubier.

Tube 2 : fragment de chêne de courbure faible à intermédiaire, pas de thylles donc aubier potentiel. La courbure des cernes positionne le fragment plus à l'extérieur que le tube 1 ; Le fragment est donc un peu plus intéressant que tube 1 et tube 3 pour une datation...

Tube 3 : petit fragment de chêne ; sans thylles donc probable fragment d'aubier. courbure mal définie.

Charbons à sélectionner pour datation : Choisir de préférence le fragment du tube n°2, positionné dans une partie un plus plus périphérique.

7.5. Prélèvement n°3003 « Fait 3012 – 3012.3» (Comblement de « chablis rubéfié »)

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Priorité
1	Indéterminé, Ulmus probable	Indéterminé	Mat	Absence	Absence	0

Fig. 45 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « F3012– US 3012.3».

● Description

L'observation globale n'a pas permis d'identifier de graine ni de brindille.

Tube 1 : fragment indéterminé. L'observation des critères anatomiques, pourtant nette, n'a pas permis d'identifier un taxon de façon certaine (cf. note chapitre 2.6.). L'orme est probable, mais au regard du contexte de chablis, il pourrait s'agir de fragment de racine dont l'anatomie peut être différente des bois de tronc ou de branche. Un fragment a été mis de côté, mais il ne peut être qualifié de particulièrement favorable pour une datation radiocarbone...

7.6. Prélèvement « Fait 4003 – 4003.3 » (Foyer)

● Résultats

Numéro de tube	Code Espèce	Courbure	Combustion	Cambium	Thylle	Moelle	Priorité
1	Quercus sp.	Faible	Fendu-luisant	Absence	Présence	Absence	0
2	Quercus sp.	Intermédiaire	Dur-luisant	Absence	Absence	Absence	1
3	Quercus sp.	Intermédiaire	Fendu-luisant	Absence	Rares	Absence	1

Fig. 46 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « F4003– US 4003.3».

● Description

L'observation globale n'a pas permis d'identifier de graine ni de brindille.

Tube 1 : fragment de chêne de faible courbure de cerne mais avec thylles. Situé en périphérie, mais pas particulièrement favorable (bois de cœur).

Tube 2 : petit fragment de courbure intermédiaire. Absence de thylles sur ce fragment, potentiel fragment d'aubier. Un peu plus favorable pour une datation.

Tube 3 : fragment un peu plus gros que celui du tube 2. Pas ou rares thylles potentiellement un fragment d'aubier.

Charbons à sélectionner pour datation : Probables fragments d'aubier de branches de chêne. Les tube n°2 et n°3 ont sensiblement les mêmes caractéristiques. Le tube n°3 présente un peu plus de matière que le tube n°2, à choisir si besoin.