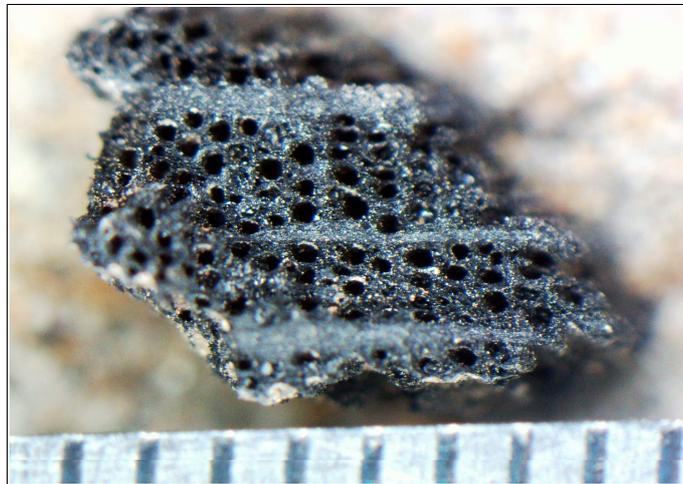




ArkéoMap

ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSE DES FRAGMENTS CHARBONNEUX PRÉLEVÉS
LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE DU SITE
« HÔPITAL PASTEUR, BÂTIMENT M, 30 AVENUE DE LA
VOIE ROMAINE », SUR LA COMMUNE DE
NICE (06).**



Service d'archéologie Nice Côte d'Azur

Rapport d'étude anthracologique

Septembre 2020

Service d'archéologie Nice Côte d'Azur

107 route de Canta-Galet

06200 Nice

Analyse des fragments charbonneux prélevés lors de l'opération archéologique du site « Hôpital Pasteur, Bâtiment M, 30 avenue de la voie romaine », sur la commune de Nice (06).

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

Septembre 2020

Illustration de la page de couverture :

Coupe transversale de chêne caducifolié, prélèvement n°5, sous loupe binoculaire grossissement x10 (l'échelle représente des millimètres).

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	8
2.1. Équipement d'observation.....	8
2.2. Méthodologie.....	9
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	14
2.4. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	16
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....	18
3.1. Prélèvements associés au Fait FY 143 (Comblement de foyer).....	18
3.1.1. Résultats.....	18
3.1.2. Interprétations	18
3.2. Prélèvements associés au Fait FS 148 (Comblement de fosse).....	19
3.2.1. Résultats	19
3.2.2. Interprétations.....	20
4. BILAN.....	21
5. BIBLIOGRAPHIE.....	24
6. ANNEXE – Photographies.....	25

INTRODUCTION

Dans le cadre d'un projet d'aménagement au sein du Bâtiment M de l'Hôpital Pasteur à Nice (06), une fouille archéologique préventive a été réalisée par le Service d'archéologie de Nice Côte d'Azur.

L'intervention a livré les vestiges d'un bâtiment antique et de plusieurs structures en creux annexes datés entre le I^{er} et le V^e s. ap. J.-C.

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux retrouvés dans les comblements de diverses structures (foyer et fosse) (Fig. 1).

Au regard du contexte archéologique et des premiers éléments d'interprétation du site, l'analyse anthracologique a été menée en fonction de deux objectifs principaux :

- révéler une similitude entre les taxons retrouvés dans les comblements des deux structures (foyer FY 143 et fosse FS 148),
- apporter des informations sur la végétation ligneuse qui environnait le site à cette époque.

L'étude a été commandée par M. Brice Chevaux, responsable de l'opération.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les charbons étudiés proviennent des comblements de deux structures en creux datées entre le I^{er} et le V^e s. ap. J.-C.

N° de prélèvement	US	Fait	Contexte
4	144	FY 143	Comblement de foyer
5, 5-2 et 5-3	149	FS 148	Comblement de fosse

Fig. 1 – Inventaire des prélèvements et structures archéologiques ayant livré des restes charbonneux.

Les charbons du prélèvement n° 4 sont issus du comblement cendreux du foyer FY 143. Ils ont été collectés après le tamisage par flottation d'un prélèvement de 5 litres, soit l'intégralité du comblement de la structure.

Les charbons des prélèvements n° 5, 5-2 et 5-3 sont issus du comblement de la fosse FS 148 qui recoupe le foyer évoqué ci-dessus. Les trois sachets correspondent à trois éléments de bois brûlés identifiés sur le fond de la fosse et qui ont été prélevés en intégralité et isolés.

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 premières identifications des taxons afin de déterminer des seuils, ou effectifs, au delà desquels l'apport de nouvelles essences ne paraît plus « rentable ». Cette technique est peu pertinente pour les compositions anthracologiques de faibles diversités, ce qui est le cas des lots étudiés puisque l'on ne compte que trois essences à l'intérieur de la fosse et quatre essences pour le foyer.

Pour exemple la courbe « effort-rendement » réalisée pour le prélèvement n°4 semblerait montrer une amorce de seuil compris entre 15 et 25 charbons (Fig. 3).

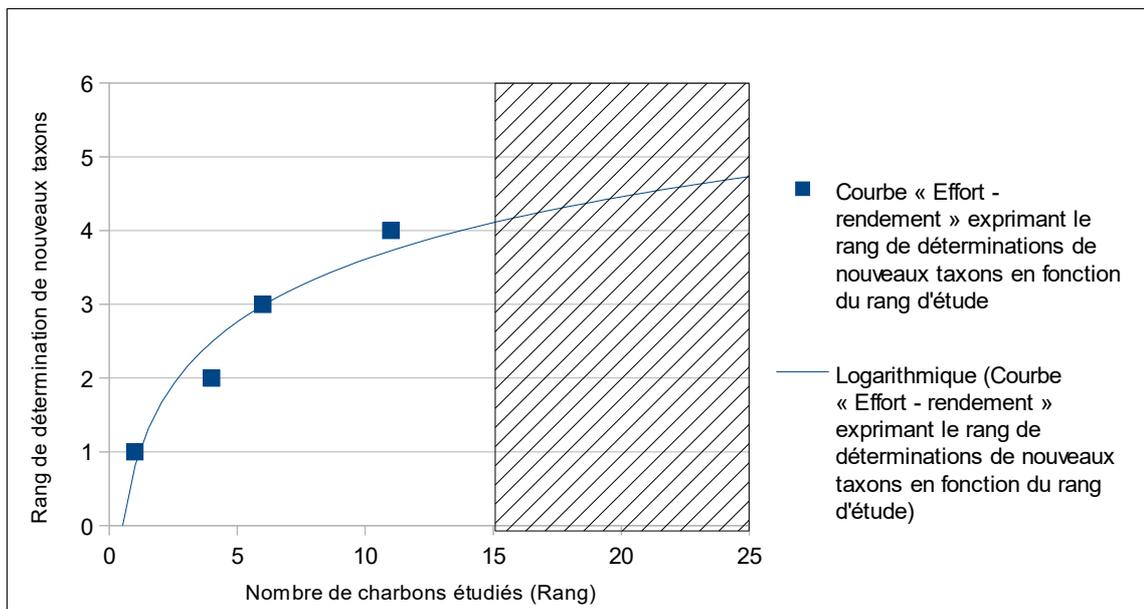


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°4. Dans cet exemple, le quatrième taxon (chêne sclérophylle) a été observé au rang 11 et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 15 et 25 charbons. 25 fragments ont été observés pour ce lot, ce qui insuffisant pour établir un seuil tout à fait crédible.

Les indicateurs calculés à partir des courbes « effort-rendement » sont basés sur la diversité taxonomique, or en plus de ces identifications nous avons aussi procédé à des observations permettant de préciser la nature des ensembles anthracologiques : mesures de largeurs de cerne, 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 lots de façon la plus exhaustive possible en répartissant l'effort de l'étude sur l'ensemble des lots. Ainsi nous avons fait en sorte que le nombre de charbons étudiés tienne aussi compte du nombre de fragments présents dans chacun des lots. Environ 25 fragments ont été étudiés par prélèvement.

Les restes anthracologiques analysés proviennent de quatre prélèvements réalisés à l'intérieur des deux structures. 101 charbons ont été étudiés. Les lots ainsi qu'une brève description sont listés dans le tableau suivant (Fig. 3).

N° de prélèvement	US	Fait	Contexte	Effectifs étudiés
4	144	FY 143	Comblement de foyer	25
5	149	FS 148	Comblement de fosse	25
5.2				26
5.3				25
				101

Fig. 3 – Inventaire des prélèvements par structure, comptages anthracologiques.

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

2.1. Équipement d'observation

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



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

2.2. Méthodologie

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

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

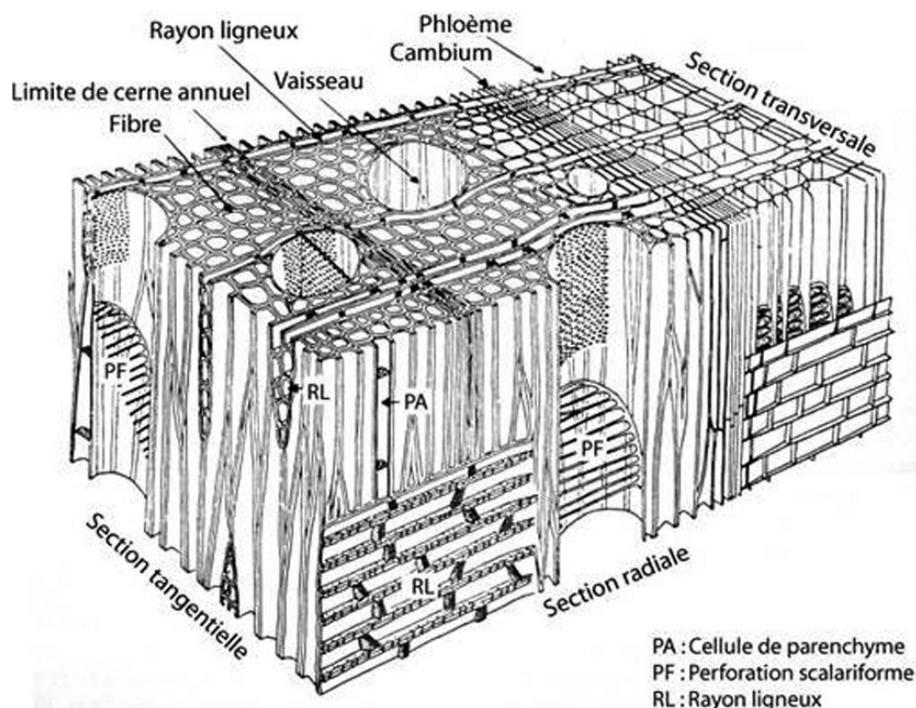


Fig. 5 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

De plus, toute une série d'espèces a été réunie dans le groupe des Pomoidées, sous-famille des Rosacées. Les espèces suivantes s'y retrouvent : Amélanquier (*Amelanchier ovalis*), Cotonéaster (*Cotoneaster sp.*), Aubépine (*Crataegus sp.*), Néflier (*Mespilus germanica*), Poirier-Pommier (*Pyrus sp.*) et Sorbier-Cormier-Alisier (*Sorbus sp.*).

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 :

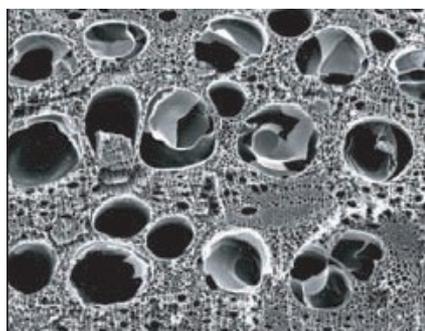
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- **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**

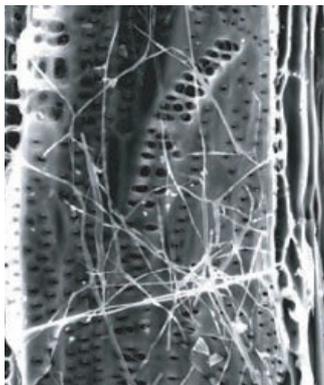
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne entre autres de sécrétions ou dépôts de 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. 6 – Thylles dans du duramen carbonisé de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

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



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

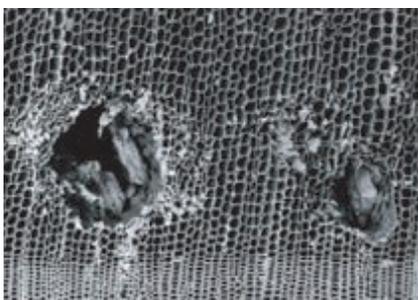
Fig. 7 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

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

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

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

- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.



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

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

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

- la présence de fentes radiales de retrait et vitrification.



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

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

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

La vitrification (phénomène donnant lieu à l'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.

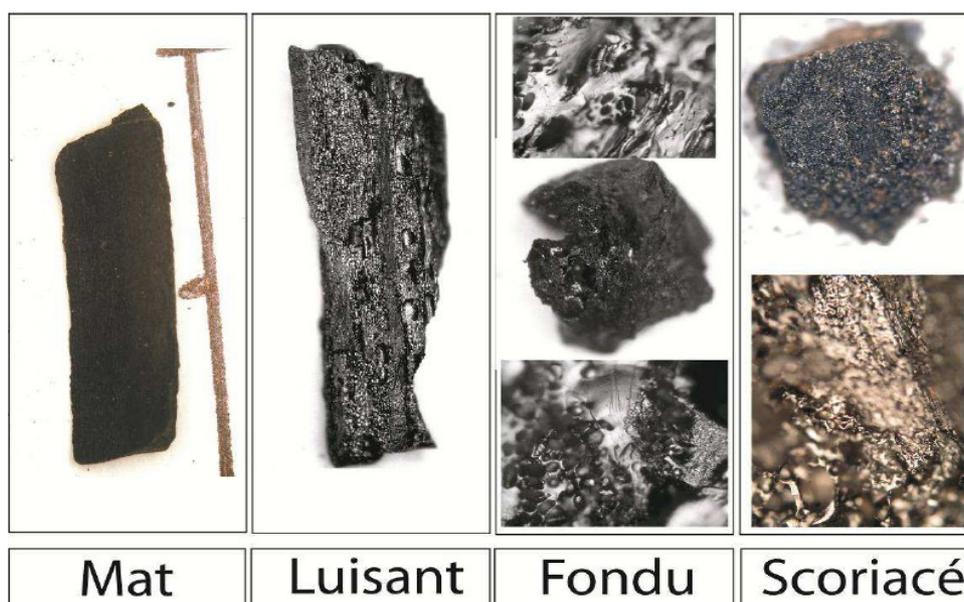
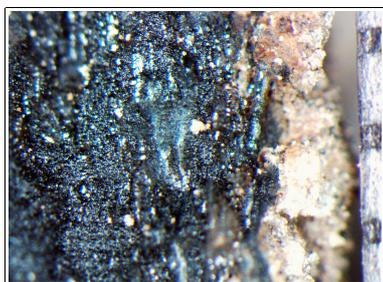


Fig. 10 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques (Oilic, 2011).

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



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

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

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

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

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

2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

- Observations de caractères dendrologiques :

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

- Mesures des largeurs moyennes de cernes ou croissance radiale :

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

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

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

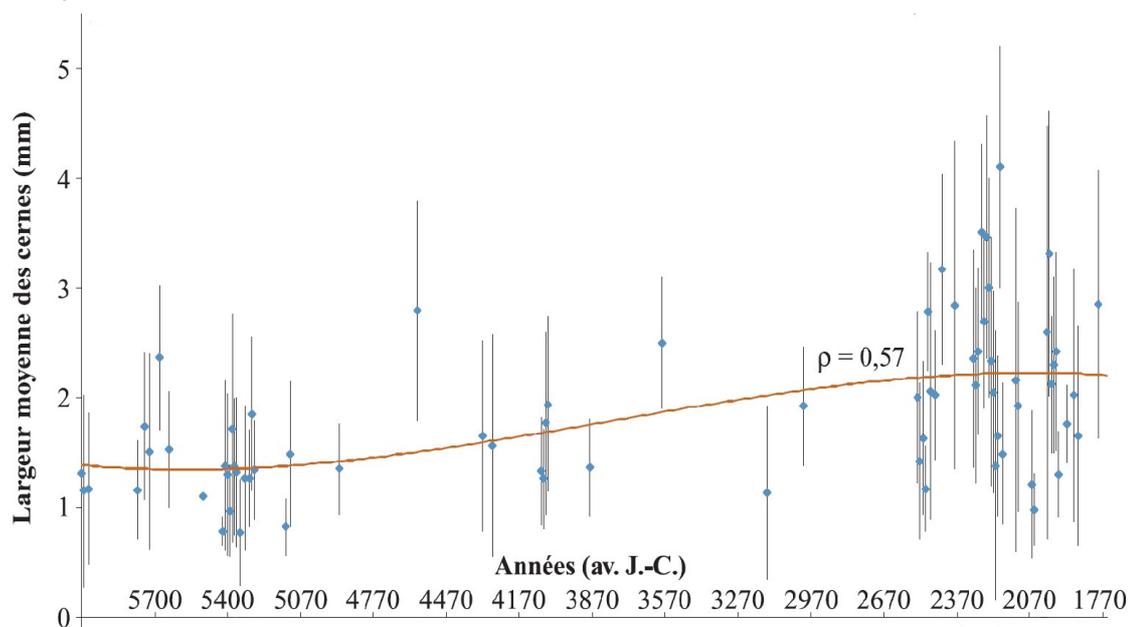


Fig. 12 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps (Marguerie *et al.*, 2010).

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

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

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

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

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

Trois catégories de courbures sont potentiellement renseignées : faible, intermédiaire, forte (Fig. 13). Par exemple, une faible courbure de cerne indiquera la provenance d'au moins une pièce de bois de gros calibre : grosse branche ou tronc. Nous parlons alors de calibre des charbons de bois.

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

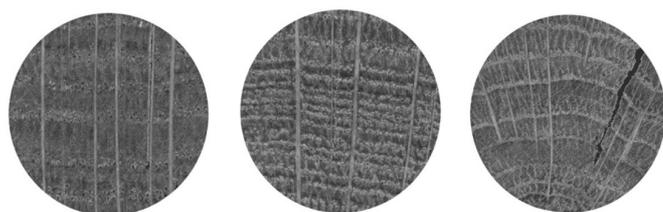


Fig. 13 - Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

L'étude de l'ensemble des prélèvements a permis de déterminer cinq taxons anthracologiques.

La composition taxonomique des ensembles étudiés doit être interprétée en tenant compte de choix particuliers de combustibles. En effet, la richesse taxonomique qui est parfois constatée n'est pas forcément le reflet d'une formation végétale ligneuse naturelle environnant le site. En l'absence de véritable association taxonomique, il n'est alors pas possible d'avancer d'interprétation d'ordre paléo-écologique solide.

L'autoécologie des taxons identifiés peut cependant apporter quelques éléments d'interprétation (Rameau *et al.*, 1989, 2008) :

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

Les chênes sclérophylles avec notamment le chêne vert (*Quercus ilex*), le chêne liège (*Quercus suber*) et le chêne kermes (*Quercus coccifera*) correspondent à des biotopes de type garrigues ou bois clairs. Le chêne vert peut se retrouver dans les chênaies méditerranéennes, dans les chênaies pubescentes. Ce sont des espèces xérophiles et thermoxérophiles à large amplitude. Ils forment de bons combustibles. Le chêne vert est un bois très dense qui peut aussi être utilisé pour construire des pièces spécifiques (outils, charpentes de second ordre).

Remarque : Le chêne liège est localisé principalement sur les sols issus de roches siliceuses, non carbonatées (essence calcifuge).

Quelques fragments d'**arbousiers** (*Arbutus sp.*) ont été identifiés. Cette essence fait partie de la famille des **Ericacées**, famille comprenant de très nombreux genres existant dans les contextes méditerranéens (ex. *Erica arborea*). Ce sont des végétations arbustives généralement assez rustiques. L'arbousier participe fortement aux formations de fourrés tels que le maquis – la garrigue ou de forêts claires à chênes sclérophylles (ex. chêne vert). Il constitue un bois dur se travaillant et se polissant bien. C'est aussi un bon bois de chauffage, il peut fournir un excellent charbon de bois (Rameau *et al.*, 2008).

Les **Gymnospermes** correspondent à des arbres résineux ou conifères. Les charbons désignés comme tels, n'ont pas permis une détermination plus poussée généralement à cause de leur état très fragmentaire. Les résineux ont des caractéristiques comparables à celles des bois tendres en terme de densité et de pouvoir calorifique. Ils s'enflamment rapidement du fait de leur teneur élevée en résines et sont appréciés pour leur montée rapide en température, mais ils peuvent projeter hors du foyer des petites braises incandescentes lors de leur combustion.

Quelques fragments du prélèvement n°4 semblent correspondre à du **pin** (*Pinus sp.*). Cette essence correspond à un genre comportant de nombreuses espèces aux biotopes variés dans ce secteur. Il est subsponané dans de nombreuses régions et de façon générale, il se répartit depuis l'étage collinéen à l'étage subalpin, il montre un spectre écologique très large. Dans le cadre de cette étude et au regard des critères anatomiques observés, le pin de type sylvestre (*Pinus type sylvestre/mugo/nigra*) semble à être écarté car ce sont plutôt des petites ponctuations de types « pinoïdes » qui ont été observées dans les champs de croisements. Plusieurs pins de type méditerranéen peuvent être suggérés : le **pin**

d'Alep (*Pinus halepensis*), le **pin pignon** (*Pinus pinea*) ou le **pin maritime** (*Pinus pinaster*). Le pin d'Alep et le pin pignon sont plutôt des essences de l'étage mésoméditerranéen et littoral. Le pin d'Alep est aussi présent dans l'étage thermophile. Le pin maritime correspond davantage à l'étage supraméditerranéen, il est très utilisé en reboisement. Le pin pignon ou pin parasol serait cultivé depuis l'Antiquité, son aire naturelle est difficile à établir (Rameau *et al.*, 2008).

Remarque : Les suggestions en ce qui concerne les déterminations du pin mériteraient d'être confortées par de plus amples observations, car elles sont basées sur l'étude de seulement deux fragments du prélèvement n°4.



Fig. 14 – Fragment du genre Pin (*Pinus sp.*) en coupe transversale. Prélèvement n°4, FY143. Grossissement x30. L'échelle représente des millimètres.

Nous ferons régulièrement allusion aux étages méditerranéens pour interpréter les formations végétales explorées (Figure 15).

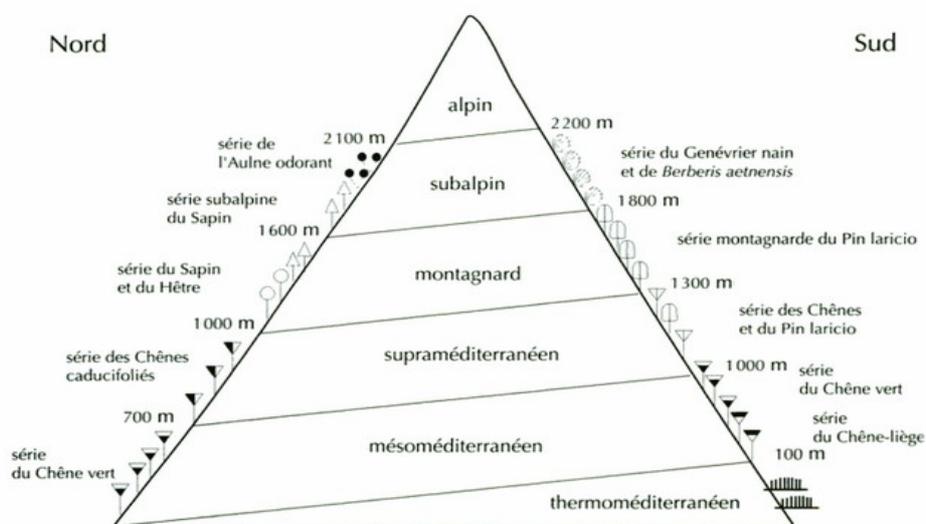


Figure 15 – Étagement de la végétation méditerranéenne (ex. en Corse) d'après Rameau *et al.*, 2008.

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les résultats sont présentés par structure archéologique (Fig. 3).

3.1. Prélèvements associés au Fait FY 143 (Comblement de foyer)

3.1.1. Résultats

Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion					
		Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Thylle
Arbutus sp.	12	0	2	6	0	0	4	1	0	0	0	0
Frag. de brindille indéterminé	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frag. os - dent	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gymnosperme	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Pinus sp.	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus ilex - Q. suber - Q. coccifera	2	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Quercus sp.	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3

Fig. 16 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement n°4 du Fait FY 143 (US 144).

3.1.2. Interprétations

Cinq taxons ont été identifiés dans ce lot. Il s'agit principalement de fragments d'arbousier (*Arbutus sp.*) provenant de bois de petit calibre (courbures des cernes fortes à intermédiaires). De nombreuses fentes de retrait ont été observées sur les fragments indiquant un bois brûlé à l'état vert.

On observe aussi quelques charbons de chêne caducifolié (*Quercus sp.*) et de chêne sclérophylle probablement là aussi de petits et moyens calibres.

De plus, quelques charbons de résineux (Gymnosperme), dont probablement du pin (*Pinus sp.*) de type méditerranéen (cf. notes chapitre 2.4.) ont aussi été identifiés.

L'hétérogénéité des essences témoignerait d'une collecte de bois de « tout venant » ou bien d'une réutilisation du foyer. Notons que ce type de ramassage est plutôt associé à des usages domestiques.

La détection de fragments de pin de type méditerranéen et de chêne sclérophylle est caractéristique de l'étage mésoméditerranéen.

L'arbousier (*Arbutus unedo*) provient de ramassages dans des formations ouvertes : fruticées (garrigues) et / ou forêts claires de types chênaies sclérophylles.

Au regard de la qualité de combustibilité des essences et du calibre des bois utilisés, on peut penser que le bois d'arbousier a plutôt été utilisé lors de phases d'allumage, le bois de chêne pour l'entretien des combustions. Toutefois, la rareté des fragments provenant de bois de gros et moyens calibres pose question, car l'emploi exclusif de bois de petit calibre n'a pas dû permettre de maintenir les combustions dans la durée, à moins d'apports réguliers.

3.2. Prélèvements associés au Fait FS 148 (Comblement de fosse)

3.2.1. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion			Fondu très brillant - struct. Inform.	Thylle	Moelle
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/Luisant	Fendu / Luisant			
Prélèvement 5	Arbutus sp.	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus ilex - Q. suber - Q. coccifera	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	Quercus sp.	23	0	16	4	17	1	0	2	1	0	15	0
Prélèvement 5.2	Quercus ilex - Q. suber - Q. coccifera	17	0	10	6	0	0	1	11	4	1	0	1
	Quercus sp.	9	0	9	0	8	0	0	5	0	0	9	0
Prélèvement 5.3	Quercus ilex - Q. suber - Q. coccifera	25	0	2	18	0	0	3	8	13	0	0	0

Fig. 17 – Liste des taxons anthracologiques et mesures dendrologiques effectuées pour trois prélèvements du Fait FS 148 correspondant au comblement d'une fosse.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	16	119	0,45	0,13	0,3	0,73

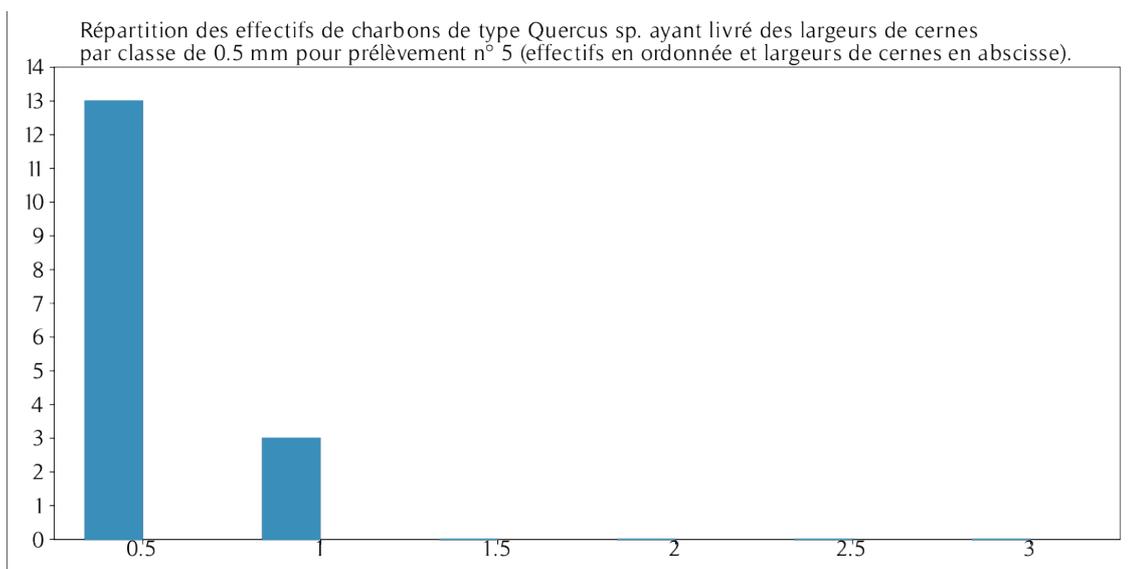


Fig. 18 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne caducifolié (*Quercus sp.*) présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°5.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cernes	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	8	72	0,47	0,08	0,36	0,62

Fig. 19 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne caducifolié (*Quercus sp.*) présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement n°5.2.

3.2.2. Interprétations

Trois taxons ont été identifiés à l'intérieur des trois prélèvements du comblement de la fosse FS 148 (Fig. 17).

Il s'agit essentiellement de fragments de chêne caducifolié (*Quercus sp.*) pour le prélèvement n° 5 et de chêne sclérophylle (*Q. Ilex*, *Q. suber*, *Q. coccifera*) pour les prélèvements n° 5.2 et 5.3. On note aussi la détection d'un fragment d'arbousier (*Arbutus unedo*) pour le lot n°5.

En ce qui concerne le calibre des bois utilisés, la plupart des charbons de chêne caducifolié (*Quercus sp.*) proviennent de bois de moyen calibre (les courbures de cernes sont surtout intermédiaires). En revanche, les charbons de chêne sclérophylle semblent provenir de bois de calibres plus hétérogènes. En effet, les fragments montrent des courbures de cernes fortes (18/25) pour le lot n°5.3 et plutôt intermédiaires (16/23) pour le lot n°5.

Quelques mesures d'angles effectuées sur les plus gros fragments du lot 5.3 ont permis d'estimer des diamètres minimum des branches de chêne sclérophylle entre 40 et 50 mm.

Les fragments des lots 5.2 et 5.3 sont souvent caractérisés par des aspects « dur-luisants ou fendus-luisants », caractéristiques d'un premier niveau de vitrification. Le phénomène est parfois interprété comme le résultat de combustions chaudes et anaérobies (Blaizot *et al.*, 2004). L'hypothèse de rejets de combustion de contextes fermés (ex. fours) n'est donc pas à exclure au moins pour ces deux lots. Il faut néanmoins ici considérer ces interprétations avec précaution car la combustion de bois de petit calibre favoriserait aussi le phénomène de vitrification et ce même en contexte ouvert (Oilic, 2011).

Une proportion importante de fragments du lot 5.3 montre des fentes de retrait (16 / 25), ce qui indiquerait l'utilisation de bois vert.

Des mesures de largeurs de cernes ont été effectuées sur des fragments de chêne caducifolié des lots n° 5 et n°5.2. Les études ont permis de calculer des moyennes de l'ordre de 0,5 mm (calcul sur des fragments de courbure faible à intermédiaire et rythmes de croissance réguliers), ce qui correspond à des contextes de croissance très contraignants, par exemple des stations sur sols pauvres ou soumis à de fortes compétitions inter- ou intra- spécifiques vis-à-vis des ressources (ex. forêts denses) (Fig. 18 et 19).

L'histogramme des mesures de largeurs de cernes réalisées sur les fragments du lot n°5 montre des valeurs bien centrées autour de 0,5 mm (Fig. 18). Ce constat va dans le sens d'une collecte bien circonscrite et probablement unique.

4. BILAN

Cette étude anthracologique vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Environ 100 charbons ont été étudiés pour 4 lots provenant des deux structures.

L'analyse porte sur des prélèvements réalisés sur des concentrations de charbons. Il n'y a donc pas eu d'échantillonnage systématique qui nous aurait probablement donné davantage d'informations d'ordre paléoenvironnemental (aire de ramassage plus vaste et plus de biodiversité) (L. Chabal et al., 1999).

Cependant, les structures échantillonnées sont bien calées sur le plan chronologique et présentent une hétérogénéité de formes (comblements de fosses, et comblement de foyer) permettant une comparaison et une perception des grands traits de la consommation en combustible.

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

- **Informations d'ordre environnemental**

Cinq taxons anthracologiques ont été identifiés dans cette étude. Ils proviennent des différents étages de la végétation méditerranéenne (cf. Fig. 15). L'observation des différents taxons ligneux a permis d'identifier les étages et les associations écologiques suivantes (Rameau *et al.*, 2008) :

- **l'étage mésoméditerranéen** : chênes sclérophylles (*Quercus ilex*, *Quercus suber* et *Quercus coccifera*), *Ericacées* dont l'arbousier (*Arbutus sp.*), pins méditerranéens (*Pinus type pinea* ou *pinaster* ou *halepensis*). L'arbousier est potentiellement un taxon provenant de la garrigue, formation végétale arbustive, correspondant à une dégradation de la forêt de chênes verts.

- **les étages supraméditerranéens et collinéens** : sont potentiellement présents avec la chênaie caducifoliée (*Quercus sp.*).

Notons l'absence de taxons hygrophiles (ex. saule ou aulne) malgré la proximité de la zone alluviale du Paillon.

Les mesures de largeurs de cernes réalisées sur les charbons de chêne caducifolié des lots n°5 et n°5.3 ont permis de calculer des moyennes très faibles, de l'ordre de 0,5 mm / an. Ces valeurs sont la conséquence de contextes de croissance contraignants, probablement à cause de sols pauvres, mal exposés, ou bien de phénomènes de compétitions vis-à-vis des ressources, par exemple une forêt dense.

- **Informations d'ordre technique :**

Les analyses des prélèvements charbonneux associés aux deux structures (fosse FS 148 et foyer FY 143) ont permis d'identifier des associations taxonomiques mais aussi de mieux qualifier les types de bois utilisés pour chacune des combustions (calibre, état du bois collecté, type de combustion).

Les résultats obtenus nous amènent à formuler des hypothèses d'usages différents.

On distingue :

- pour le foyer FY 143 : cinq taxons anthracologiques (chêne caducifolié, chêne sclérophylle, arbousier, résineux dont un pin méditerranéen). L'ensemble anthracologique est en majorité composé de fragments d'arbousier en provenance de bois de petits calibres et de fragments en provenance de bois de petits et moyens calibres pour les autres essences.

Les charbons ne montraient pas d'aspect particulier.

Le caractère assez diversifié des résultats, tant au niveau taxonomique qu'au niveau des calibres, caractérise plutôt un ramassage de « tout venant ». Ce type de composition se rapprocherait davantage d'un usage domestique.

L'aire de ramassage correspond à l'étage mésoméditerranéen.

- pour le comblement de la fosse FS 148, trois taxons ont été identifiés. Le chêne caducifolié et le chêne sclérophylle représentent l'essentiel des compositions anthracologiques. Le troisième taxon, l'arbousier, n'est représenté que par un seul charbon.

Les charbons montrent souvent (notamment pour les lots n°5.2 et n°5.3) des aspects durs ou luisants (46 / 76 fragments), caractéristiques d'un premier niveau de « vitrification » (ex. hypothèse de combustion en milieu chaud et fermé ?).

De plus, l'utilisation presque exclusive de bois de chêne pourrait davantage être la conséquence d'une sélection du combustible.

Ces constatations tendraient plutôt à rapprocher ces rejets charbonneux d'un usage artisanal.

L'aire de ramassage semble avoir recoupé à la fois les étages supra- et mésoméditerranéens (chênaies caducifoliées et sclérophylles).

Remarque : Il existe une vraie différence en ce qui concerne les compositions anthracologiques. Cela répond à la problématique formulée en début d'étude visant à comparer les ensembles charbonneux collectés dans les deux structures. En revanche, compte-tenu des effectifs étudiés, les hypothèses formulées en terme d'usage domestique ou artisanal sont à considérer avec prudence. Il faut davantage interpréter les hypothèses émises comme des tendances probables.

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.
- 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, 364p
- 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.
- PRIOR J., ALVIN K. L., 1986 - *Structural changes on charring woods of Dichrostachys and Salix from southern Africa : The effect of moisture content*. International Association of Wood Anatomists. Bulletin (Special issue), 7, p. 243 - 249.
- RAMEAU J.C., MANSION D. et DUME G., 1989 - *Flore forestière française, guide écologique illustré*. T.1, plaines et collines, Institut pour le développement forestier, Paris, 1785 pages.
- RAMEAU J.C., MANSION D., DUME G. et GAUBERVILLE C., 2008 - *Flore forestière française, guide écologique illustré*. T.3, Région méditerranéenne, Institut pour le développement forestier, Paris, 2426 pages.
- SCHWEINGRUBER F. H., 1982 - *Microscopic Wood Anatomy*. Flück-Wirth, Teufen.
- SCHWEINGRUBER F. H., 2011 - *Anatomie europäischer Hölzer – Anatomy of European Woods*. Verlag Kessel , 800 pages.
- THERY-PARISOT I., 2001 - *Economie des combustibles au Paléolithique*. Dossier de Documentation Archéologiques, 20, CNRS, Paris.

6. ANNEXE – Photographies

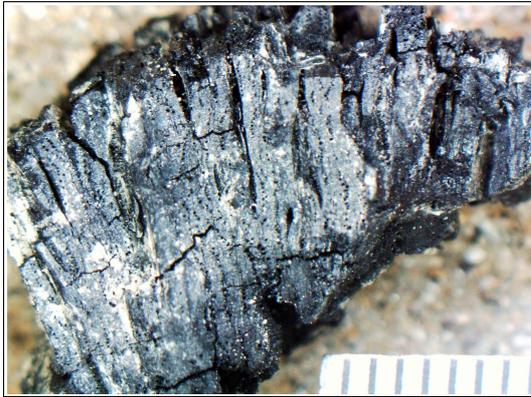


Fig. 20 – Fragment de chêne sclérophylle de forte courbure de cerne et d'aspect fendu. Fosse FS 148, Prélèvement n° 5.3. Grossissement x5. L'échelle représente des millimètres.

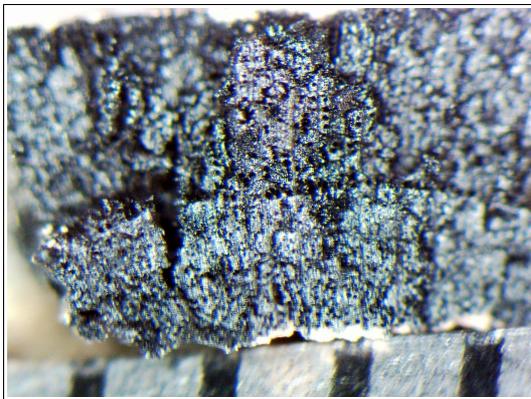


Fig. 21 – Fragment d'arbousier (*Arbutus unedo*). Fosse FS 148, Prélèvement n°5. Grossissement x30. L'échelle représente des millimètres.



Fig. 22 – Fragment de brindille. Fait FY 143, prélèvement n°4. Grossissement x18. L'échelle représente des millimètres.

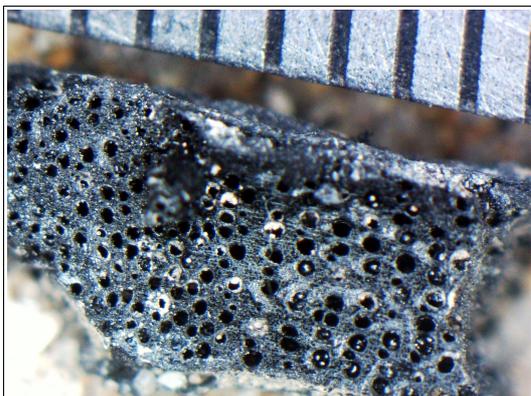


Fig. 23 – Fragment de chêne caducifolié de courbure de cerne intermédiaire avec des cernes très serrés. Fait FY 143, Prélèvement n°4. Grossissement x12. L'échelle représente des millimètres.