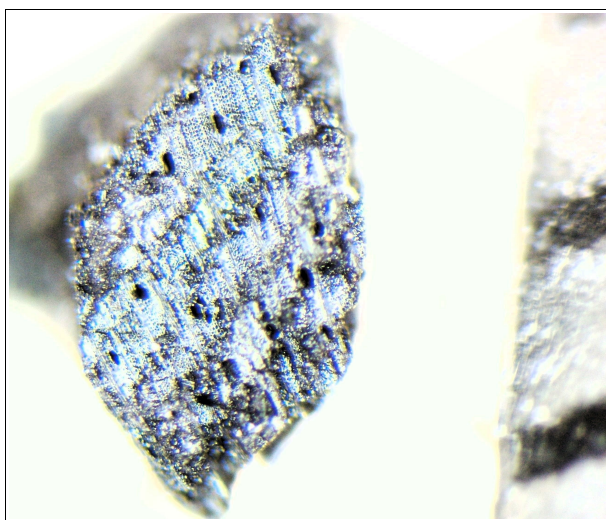




**ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES  
ARCHÉOLOGIQUES : ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES**



**ANALYSE ANTHRACOLOGIQUE ET SÉLECTION DE  
CHARBONS EN VUE DE DATATIONS RADIOCARBONES.**

**FOUILLE DE « LA PISTE DE L'AMPHITHÉÂTRE DE  
CIMIEZ » À NICE (06).**

**OPÉRATIONS N° : « 11.23 »**

**SERVICE D'ARCHÉOLOGIE DE NICE CÔTE D'AZUR**

**Mai 2025**

Service d'archéologie Nice Côte d'Azur

107 route de Canta-Galet

06200 Nice

---

Analyse anthracologique et sélection de charbons en vue de datations radiocarbones.  
Fouille de « la piste de l'amphithéâtre de Cimiez » à Nice (06). .

Opération n° 11.23.

---

**Loïc GAUDIN**

Chargé de cours à l'Université de Rennes 1

E-mail : [loic.gaudin@arkeomap.com](mailto:loic.gaudin@arkeomap.com)

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

---

**Mai 2025**

Illustration de la page de couverture :

*Fragment de figuier (Ficus carica) provenant de l'US 1090, grossissement x43, l'échelle représente des millimètres.*

## SOMMAIRE

|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCTION.....</b>                                                                        | <b>4</b>  |
| <b>1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....</b>                                           | <b>5</b>  |
| <b>2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION .....</b>   | <b>8</b>  |
| 2.1. Équipement d'observation.....                                                              | 8         |
| 2.2. Méthodologie.....                                                                          | 9         |
| 2.3. Observation macroscopique du plan ligneux .....                                            | 14        |
| 2.4. La sélection de fragments charbonneux favorables à des datations radiocarbone.....         | 15        |
| 2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation..... | 16        |
| <b>3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRETATION.....</b>                                            | <b>19</b> |
| 3.1. Résultats.....                                                                             | 19        |
| 3.2. Interprétations.....                                                                       | 21        |
| <b>4. BILAN.....</b>                                                                            | <b>23</b> |
| 4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental.....                                            | 23        |
| 4.2. Informations d'ordre ethnographique.....                                                   | 25        |
| <b>5. BIBLIOGRAPHIE.....</b>                                                                    | <b>26</b> |
| <b>6. ANNEXE – Photographies.....</b>                                                           | <b>28</b> |
| <b>7. ANNEXE – Inventaire des fragments sélectionnés pour datations radiocarbone.....</b>       | <b>29</b> |
| 7.1. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1287 ».....                                      | 29        |
| 7.2. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1307 ».....                                      | 30        |
| 7.3. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1058 ».....                                      | 31        |
| 7.4. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1353 ».....                                      | 32        |
| 7.5. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1090 ».....                                      | 33        |

## INTRODUCTION

Ce document présente les résultats d'analyses de restes charbonneux prélevés lors de l'opération archéologique menée sur le site de la « piste de l'amphithéâtre de Cimiez », à Nice (06).

Les ensembles charbonneux analysés correspondent à six prélèvements associés à diverses couches archéologiques.

Deux prélèvements (US 1090) et (FS 2220 – US 2217) ont fait l'objet d'analyses anthracologiques (Fig. 1). Les deux US de provenance sont datées d'une même période (TPQ 70) et correspondraient à une phase de préparation du terrain de la piste par un nivellement de l'espace avant la construction.

Il s'agit pour le prélèvement de l'US 2217 d'un comblement de la fosse FS 2220 et pour le prélèvement de l'US 1090 d'un niveau de remblai. Mais les deux niveaux sembleraient avoir remobilisé des couches d'origine funéraire, mêlant probablement des résidus de crémation. Cette interprétation a pu être avancée par la présence en abondance d'éléments de parure en métal et de fragments d'os humains brûlés.

Pour les analyses anthracologiques des deux prélèvements, 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 (bois d'œuvre ou combustible ?). Il s'agit vraisemblablement de charbons en position secondaire, probablement des rejets de combustion, mais l'hypothèse reste à confirmer,
- s'il s'agit bien 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 associé à un système technique particulier (ex. crémation), comparer les compositions anthracologiques,
- caractériser les boisements qui existaient dans l'aire de ramassage.

Enfin pour cinq prélèvements (US 1090, US 1287, US 1307, US 1058, US 1353), les charbons ont été sélectionnés en vue d'éviter l'effet « vieux bois » pour des datations radiocarbone.

Cette opération a été menée par le service archéologique de Nice Métropole. L'étude a été commandée Mme Lise Damotte, responsable de l'opération.

# 1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les prélèvements charbonneux ont fait l'objet de tamisages effectués par le service archéologique (maille de 0,315 mm).

Six prélèvements ont été transmis pour des sélections de charbons favorables pour des datations, dont deux ont fait l'objet d'analyses anthracologiques. Au total ce sont environ 200 fragments qui ont été étudiés (Fig 1).

| INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE      |                        |  |  |  |
|---------------------------------|------------------------|--|--|--|
| Commune :                       | Nice (06)              |  |  |  |
| Nom de l'opération / Lieu-Dit : | Amphithéâtre de Cimiez |  |  |  |
| Année :                         | 2023                   |  |  |  |
| N° OA :                         | Code "11.23"           |  |  |  |
| Resp. d'Op. ; commanditaire     | Lise Damotte           |  |  |  |
| Type d'opération :              |                        |  |  |  |
| Période d'analyse pressentie    | mois de mai 2025       |  |  |  |

| Structure – US    | Type                | Description                                           | Nombre de charbons observés | Sélections pour datation |
|-------------------|---------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| FS 2220 – US 2217 | Comblement de fosse | Résidus de crémation en position secondaire (rejets?) | 105                         |                          |
| US 1090           | remblai             |                                                       | 55                          | 5                        |
| US 1287           |                     |                                                       |                             | 10                       |
| US 1307           |                     |                                                       |                             | 9                        |
| US 1058           |                     |                                                       |                             | 4                        |
| US 1353           |                     |                                                       |                             | 7                        |
|                   |                     |                                                       | 160                         | 35                       |

Fig. 1 – Inventaire et effectifs des charbons analysés.

En ce qui concerne les analyses anthracologiques, afin d'avoir une idée de la représentativité de la diversité taxonomique à l'intérieur des échantillons étudiés, il est courant de calculer des courbes « effort-rendement » (Chabal, 1997 et Chabal *et al.*, 1999). Le principe de cette courbe repose sur la mise en perspective du rang des identifications des taxons afin de déterminer des seuils, ou effectifs, au delà desquels l'apport de nouvelles essences ne paraît plus « rentable ».

Les courbes « effort-rendement » montrent des seuils situés entre 20 et 40 fragments (Fig. 2 et Fig. 3).

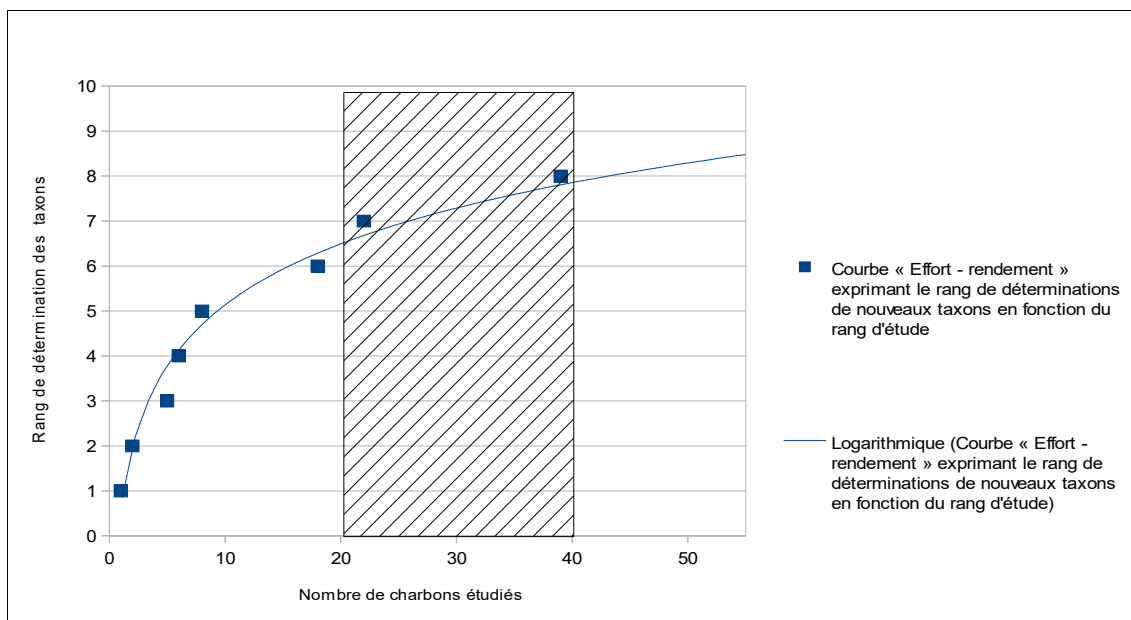


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement de l'US 1090. Dans cet exemple, le huitième taxon identifié (*Ficus carica*) a été observé au 39e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 20 et 30 charbons.

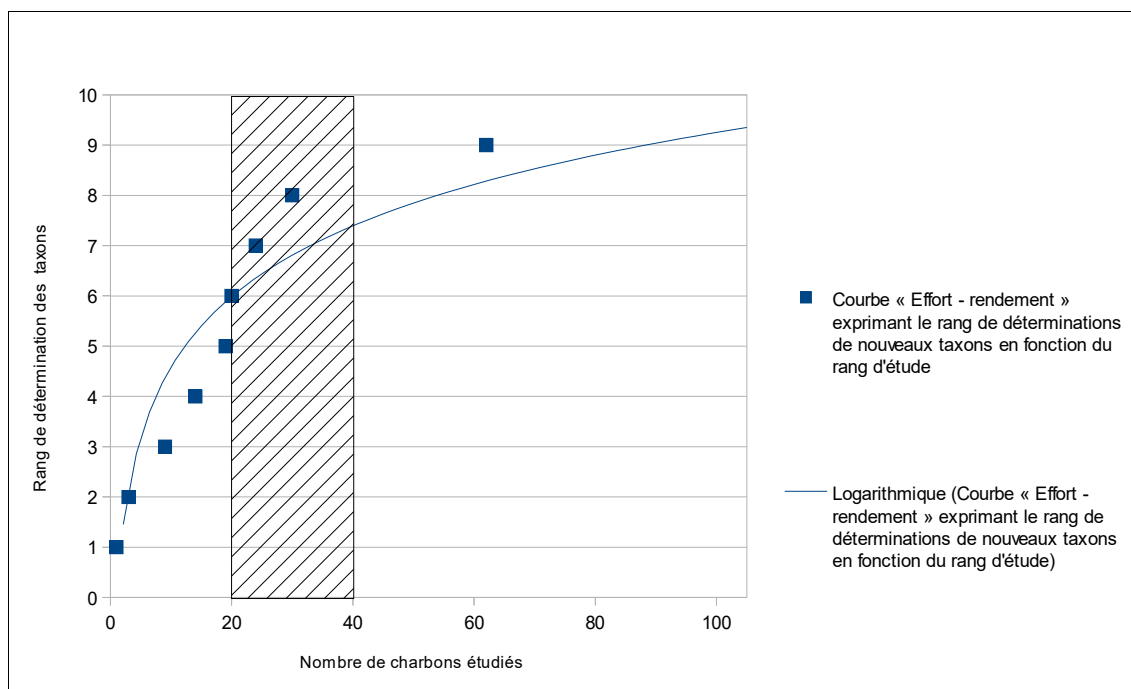


Fig. 3 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement de l'US 2217. Dans cet exemple, le neuvième taxon identifié (*Salix sp.*) a été observé au 62e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 20 et 40 charbons.

De façon générale, les prélèvements étudiés montrent assez peu de diversité. Or, les indicateurs calculés à partir des courbes « effort-rendement » sont basés sur la diversité taxonomique. 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 effectuant des observations de l'ordre de 50 à 100 charbons par prélèvement.

## 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.

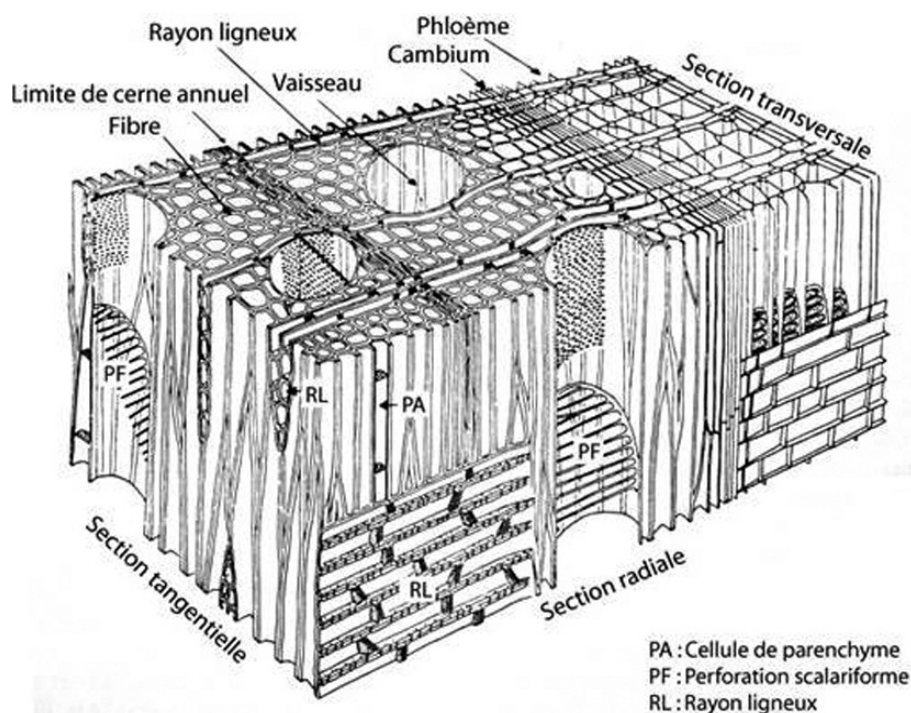


Fig. 5 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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 Pomoïdées, sous-famille des Rosacées. Les espèces suivantes s'y retrouvent : Amélanchier (*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 :

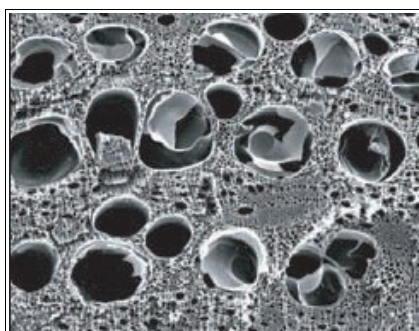
- **l'allure des limites de cernes** (de courbure très faible, intermédiaire ou nettement courbe, (cf. chapitre 2.3. sur les observations macroscopiques)), pour estimer la section du bois d'origine : troncs ou branches plus ou moins grosses.

- **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**

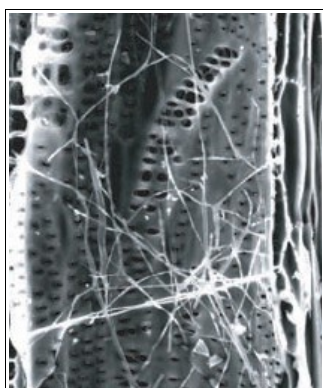
Les thylles ou extensions de cellules parenchymateuses vont venir combler les cavités cellulaires des vaisseaux dans le duramen (ou bois de cœur des arbres). En effet, la partie centrale morte d'un tronc se transforme peu à peu. Certains auteurs parlent de "duraminisation". Cette transformation s'accompagne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



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

Fig. 6 – Thylles dans du duramen carbonisé de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

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



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

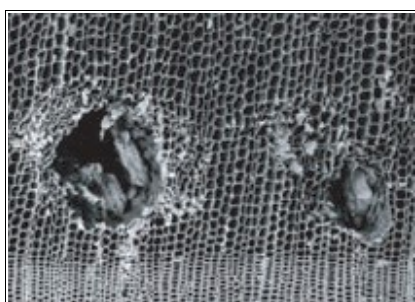
Fig. 7 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie *et al.*, 2010).

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

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

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

**- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.**



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

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

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



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

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

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

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

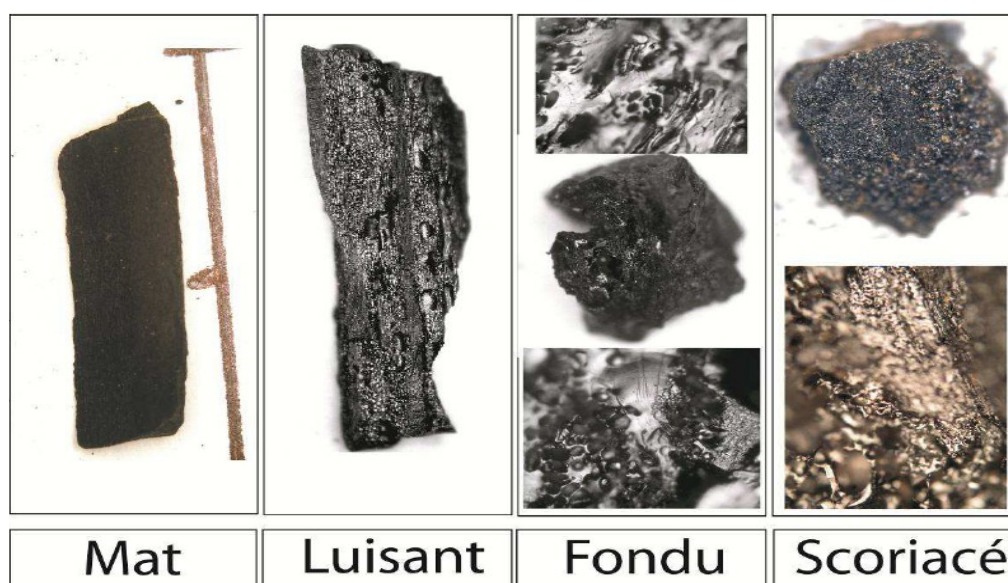
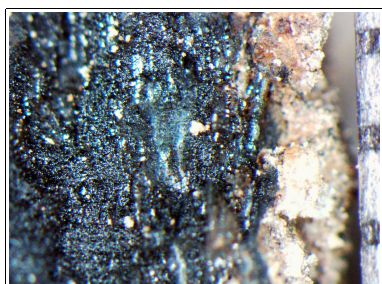


Fig. 10 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les lots anthracologiques (Oilic, 2011).

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 ».

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

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

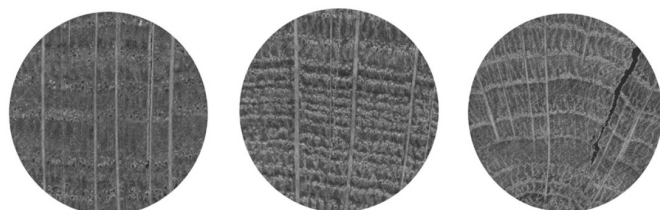


Fig. 12 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

## 2.4. La sélection de fragments charbonneux favorables à des datations radiocarbone.

Les prélèvements ont livré des charbons favorables dont parfois des graines. Lorsqu'elles sont détectées, les graines sont très favorables car elles correspondent à une année de vie.

Pour les charbons de bois, 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), 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 (chapitre 7. ).

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.

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

L'étude du prélèvement a permis de déterminer dix à onze taxons anthracologiques, mais une partie des charbons n'a pas pu être déterminée en raison notamment de la petite taille des fragments. Les déterminations ont été réalisées à l'aide d'atlas d'anatomie du bois (Schweingruber, 2011) et l'utilisation de référentiels anthracologiques. Toutefois, compte tenu du caractère très fragmentaires des charbons, il n'a pas toujours été possible d'observer l'ensemble des plans et critères anatomiques. Sur certains fragments, la détermination est suggérée dans les commentaires, mais l'ensemble des critères anatomiques observés étaient objectivement insuffisants pour identifier l'essence à coup sûr.

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

- **Le chêne à feuilles caduques** (*Quercus sp.*) correspond indifféremment, dans le domaine géographique considéré au chêne pubescent (*Quercus pubescens*), chêne sessile (*Quercus petraea*) voire au chêne pédonculé (*Quercus robur*) qui est plus rare dans l'aire méditerranéenne. Le chêne est surtout apprécié comme combustible, bon charbon de bois, il est plutôt difficile à travailler, même s'il peut être occasionnellement utilisé comme bois de charpente.

- **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).



Fig. 13 - Photo illustrant les feuilles du chêne vert : Feuilles jeunes (à gauche) et feuille plus âgée (à droite)

- **L'olivier** (*Olea sp*) est surtout connu pour ses fruits, les olives, dont on extrait une des principales huiles alimentaires. C'est une variété domestiquée depuis plusieurs millénaires autour de la méditerranée. Sa domestication dès le IV<sup>e</sup> millénaire serait attestée autour de Chypre, au Liban et en Crète. Quelques occurrences polliniques semblent être détectées dès l'Age du bronze si l'on en croit le diagramme pollinique réalisé au niveau de la Place Garibaldi (O. Sivan et M. Court-Picon, 2007). A l'état sauvage il est caractéristique de l'étage thermoméditerranéen dans les situations les plus chaudes. En revanche, on le trouve traditionnellement plutôt cultivé au niveau de l'étage mésoméditerranéen, un peu moins chaud.

Il forme un bois dense et noueux, difficile à travailler. C'est un arbre rustique, indifférent à la nature du sol mais exigeant en lumière ; il craint l'humidité, mais supporte des sécheresses exceptionnelles. Bois constituant un très bon combustible.

- **Le figuier** (*Ficus carica*) est aujourd'hui un arbuste naturalisé ou subspontané dans toute la région méditerranéenne. Il a probablement été introduit assez tôt (dès l'Age du Fer ?). C'est un arbuste de rochers, garrigues, de bois. Les figues sont comestibles et très nutritives, surtout séchées.

- **Les Pomoïdées** sont des essences héliophiles ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les lisières de bois, dans des bois clairs, des friches, des broussailles, des garrigues. Les Pomoïdées englobent par exemple les poiriers-pommiers, les pyracanthas mais aussi l'aubépine et le néflier. Les charbons du genre *Prunus* peuvent correspondre aux cerisiers mais aussi aux prunelliers. Ce sont des taxons que l'on retrouve plutôt dans les étages supraméditerranéens ou collinéens.

- **Les euphorbes** et notamment l'euphorbe arborescente (*Euphorbia dendroides*), l'euphorbe des garrigues (*Euphorbia charias*) ou l'euphorbe épineuse (*Euphorbia spinosa*) dans l'aire considérée, correspondent à des sous-arbrisseaux pouvant mesurer de 30 cm à 2 mètres de hauteur pour l'euphorbe arborescente. Ce sont des plantes thermophiles vivant généralement dans des milieux secs pierreux, rochers ensoleillés littoraux, des talus, des vieux murs, des broussailles ou des bois clairs. Cette famille de plante dégage un suc laiteux toxique. Les euphorbes constituent des combustibles de médiocre qualité

- Le **saule** (*Salix 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.

- Le **bouleau** (*Betula sp.*) est une essence héliophile ou de demi-ombre. Elle se rencontre aussi bien dans les lisières de forêts caducifoliées, dans des bois clairs, dans des landes ou friches. Cette espèce s'adapte à tous les substrats, tant d'un point de vue hydrique qu'en termes de pH. Aussi, on le trouve potentiellement dans la plupart des écosystèmes, même s'il reste avant tout un arbre pionnier par excellence. Le bouleau constitue un bon bois d'allumage surtout sous la forme de brindilles (flamme longue, claire, sans fumée), il dégage beaucoup de chaleur et une combustion rapide.

- Le **pin** (*Pinus sp.*) correspond à un genre comportant de nombreuses espèces aux biotopes variés dans ce secteur. Il est subspontané 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 et taxodioïdes » (non fenestrées) qui ont été observées dans les champs de croisement (de 1 à 4). De plus, les canaux résinifères observés sur les coupes transversales étaient de dimensions relativement larges et souvent bordés de cellules épithéliales. 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 maritime ont la particularité de présenter des champs de croisement au parois dentées, d'où le taxon anthracologique « Pin maritime / pin d'Alep » (*Pinus pinaster / Pinus halepensis*). Le **pin d'Alep** semble être l'essence la plus probable, car les champs de croisement observés présentaient parfois des parois assez épaisses, parfois lisses à nettement dentées. Or selon Schweingruber (2011), seul le pin d'Alep montre des champs de croisement aux parois très dentées. C'est aussi un taxon qui par son écologie semble bien adapté au secteur, car c'est une plante de garrigue résistant à la sécheresse et qui s'accommode de tous les terrains jusqu'à des hauteurs de 800 mètres. Le pin maritime serait davantage calcifuge et le pin pignon plutôt adapté au littoral sableux méditerranéen, toutefois anatomiquement parlant il n'a pas toujours été possible de distinguer ces trois taxons.

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 (*Pinus pinea*) serait cultivé depuis l'Antiquité, son aire naturelle est difficile à établir (Rameau *et al.*, 2008).

### 3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

#### 3.1. Résultats

- **Prélèvement de l'US 1090**

| Nom Espèce                             | Effectif | Courbure |               |       | Rythme   |             | Combustion |                 |                    | Scoriacé -<br>magma<br>informe<br>solidifié | Fendu /<br>Luisant /<br>noeud | Thylle |
|----------------------------------------|----------|----------|---------------|-------|----------|-------------|------------|-----------------|--------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|--------|
|                                        |          | Faible   | Intermédiaire | Forte | Régulier | Particulier | Fendu      | Dur/<br>Luisant | Fendu /<br>Luisant |                                             |                               |        |
| alnus/betula                           | 2        | 0        | 2             | 0     | 0        | 0           | 0          | 0               | 0                  | 0                                           | 0                             | 0      |
| Euphorbia dendroides                   | 4        | 0        | 3             | 0     | 0        | 0           | 0          | 0               | 0                  | 0                                           | 0                             | 0      |
| Ficus carica                           | 4        | 0        | 2             | 1     | 0        | 0           | 0          | 0               | 0                  | 0                                           | 0                             | 0      |
| Indéterminé                            | 1        | 0        | 0             | 0     | 0        | 0           | 0          | 0               | 0                  | 0                                           | 1                             | 0      |
| Olea sp.                               | 13       | 0        | 9             | 2     | 0        | 0           | 2          | 6               | 1                  | 0                                           | 0                             | 0      |
| Pinus pinaster / halepensis            | 2        | 0        | 1             | 1     | 0        | 0           | 0          | 0               | 0                  | 0                                           | 0                             | 0      |
| Pomoidée                               | 3        | 0        | 3             | 0     | 0        | 0           | 0          | 1               | 0                  | 0                                           | 0                             | 0      |
| Quercus ilex - Q. suber - Q. coccifera | 16       | 0        | 7             | 8     | 0        | 0           | 0          | 6               | 0                  | 0                                           | 1                             | 0      |
| Quercus sp.                            | 10       | 0        | 4             | 1     | 1        | 1           | 0          | 2               | 3                  | 0                                           | 0                             | 8      |
|                                        | 55       | 0        | 31            | 13    | 1        | 1           | 2          | 15              | 4                  | 0                                           | 2                             | 8      |

Fig. 14 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 1090 .

- **Prélèvement du comblement de la fosse FS 2220 – US 2217**

| Nom Espèce                             | Effectif | Courbure |               |       | Rythme   |             | Combustion |                 |                    | Thylle | Insecte |
|----------------------------------------|----------|----------|---------------|-------|----------|-------------|------------|-----------------|--------------------|--------|---------|
|                                        |          | Faible   | Intermédiaire | Forte | Régulier | Particulier | Fendu      | Dur/<br>Luisant | Fendu /<br>Luisant |        |         |
| Alnus sp.                              | 2        | 0        | 0             | 2     | 0        | 0           | 0          | 0               | 0                  | 0      | 1       |
| Euphorbia dendroides                   | 2        | 0        | 1             | 1     | 0        | 0           | 0          | 0               | 2                  | 0      | 0       |
| Ficus carica                           | 5        | 0        | 5             | 0     | 0        | 0           | 0          | 1               | 0                  | 0      | 0       |
| Frag. écorce                           | 2        | 0        | 0             | 1     | 0        | 0           | 0          | 0               | 0                  | 0      | 0       |
| Frag. os - dent                        | 1        | 0        | 0             | 0     | 0        | 0           | 0          | 0               | 0                  | 0      | 0       |
| Indéterminé                            | 4        | 0        | 1             | 1     | 0        | 0           | 0          | 1               | 0                  | 0      | 0       |
| Olea sp.                               | 15       | 1        | 5             | 6     | 0        | 0           | 0          | 5               | 1                  | 0      | 0       |
| Pinus pinaster / halepensis            | 32       | 0        | 9             | 19    | 0        | 0           | 0          | 1               | 0                  | 0      | 0       |
| Pinus sp.                              | 3        | 0        | 0             | 2     | 0        | 0           | 0          | 0               | 0                  | 0      | 0       |
| Pomoidée                               | 6        | 0        | 2             | 4     | 0        | 0           | 0          | 2               | 0                  | 0      | 1       |
| Quercus ilex - Q. suber - Q. coccifera | 17       | 0        | 13            | 4     | 0        | 0           | 0          | 6               | 0                  | 0      | 0       |
| Quercus sp.                            | 13       | 0        | 6             | 4     | 3        | 1           | 0          | 3               | 4                  | 9      | 0       |
| Salix sp.                              | 3        | 1        | 2             | 0     | 0        | 0           | 0          | 0               | 0                  | 0      | 1       |
|                                        | 105      | 2        | 44            | 44    | 3        | 1           | 0          | 19              | 7                  | 9      | 3       |

Fig. 15 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement de l'US 2217.

| Espèce      | Nb Bois | Nb cernes | Moyenne | Ecart Type | Minimum | Maximum |
|-------------|---------|-----------|---------|------------|---------|---------|
| Quercus sp. | 3       | 8         | 1,69    | 0,47       | 1,2     | 2,13    |

Fig. 16 – Tableau des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire pour le prélèvement de l'US 2217.

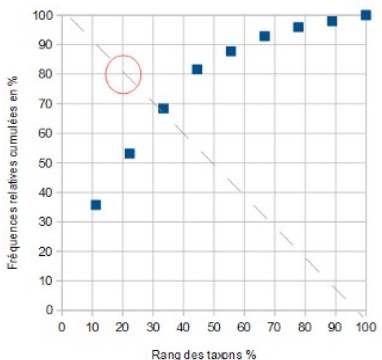
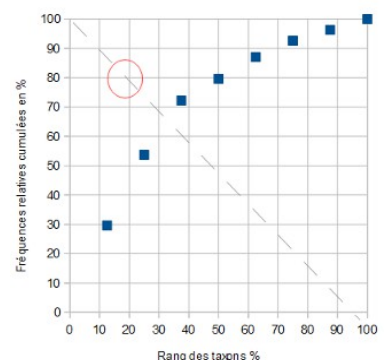
| Légende                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Prélèvement du comblement de la fosse FS 2220 (US 2217)                                                                          | Prélèvement de l'US 1090                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Pin (Pinus sp.)</li> <li>Pin type Alep (Pinus pinaster / halepensis)</li> <li>Chêne sclérophylle (Quercus ilex type)</li> <li>Chêne caducifolié (Quercus sp.)</li> <li>Saule (Salix sp.)</li> <li>Aulne (Alnus sp.)</li> <li>Aulne / bouleau (Alnus/Betula)</li> <li>Pomoidée</li> <li>Olivier (Olea sp.)</li> <li>Euphorbiacée</li> <li>Frag. écorce</li> <li>Indéterminé</li> <li>Figuier (Ficus carica)</li> </ul> |                                                 |                                                 |
| <b>Nombre de charbons étudiés.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 105                                                                                                                              | 55                                                                                                                                 |
| <b>Diversité (nb de taxons)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 9                                                                                                                                | 8                                                                                                                                  |
| <b>Courbures des cernes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Forte : 49%<br>Intermédiaire: 49%<br>Faible : 2%                                                                                 | Forte : 30%<br>Intermédiaire: 70%<br>Faible : 0%                                                                                   |
| <b>Fréquences des charbons d'aspect « luisant »</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 25,00%                                                                                                                           | 38,00%                                                                                                                             |
| <b>Fréquences des charbons avec fentes de retrait</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 7,00%                                                                                                                            | 14,50%                                                                                                                             |
| <b>Indices de concentration de Pareto</b> (les taxons anthracologiques de pin et pin de type Alep ont été réunis pour former un même taxon)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Indice de concentration de Pareto : 20/80<br> | Indice de concentration de Pareto : 20/80<br> |
| Les graphiques montrent un écart avec le rapport d'équilibre attendu en théorie dans la nature. Cette différence pourrait s'expliquer par des ramassages sélectifs (orienté essentiellement vers du bois de petit à moyen calibre de chêne caducifolié, chêne sclérophylle, olivier et de pin).                                                                                                                                                              |                                                                                                                                  |                                                                                                                                    |

Fig. 17 – Tableau synthétisant les principales caractéristiques (proportions des différentes essences, diversité, courbures des cernes, aspects luisants, aspects fendus) des deux ensembles anthracologiques.

## 3.2. Interprétations

Un peu plus de 150 charbons ont été observés pour les deux prélèvements.

Les deux ensembles charbonneux montrent des compositions semblables en terme d'essences utilisées. En effet, le chêne caducifolié (*Quercus sp.*), le chêne sclérophylle (type chêne vert) (*Quercus type ilex*), le pin type Alep (*Pinus pinaster* / *Pinus halepensis*), l'aulne (*Alnus sp.*), les Pomoïdées, l'olivier (*Olea sp.*), les Euphorbiacées, le figuier (*Ficus carica*) sont identifiés dans les deux prélèvements. Soit huit taxons en communs sur dix.

Des occurrences ponctuelles de saule (*Salix sp.*) et de d'aulne/bouleau (*Alnus sp.* / *Betula sp.*) ont aussi été observés dans l'un ou l'autre des deux prélèvements (Fig. 17).

Quelques différences existent au niveau des proportions constatées. Le pin dont le pin type Alep domine la composition du prélèvement de la fosse F2220 (US 2217), alors que ce sont les proportions du chêne caducifolié et du chêne sclérophylle qui sont les plus importantes dans l'US 1090 (Fig. 17). Ces différences sont probablement liées à des effets locaux de la répartition du combustible. Mais d'une façon générale, on constate une dominance de l'emploi de bois de chêne sclérophylle (type chêne vert), de chêne caducifolié (*Quercus sp.*), d'olivier (*Olea sp.*) et de pin (*Pinus type halepensis*).

Les calibres des bois utilisés apparaissent aussi assez semblables. En effet, environ la moitié des charbons dans l'US 2217 et deux tiers des fragments dans l'US 1090 correspondent à des charbons de courbure intermédiaire, pour un tiers de bois de petit calibre. Les bois de courbure intermédiaire correspondent surtout à des branches de chêne, d'olivier et de figuier alors que les charbons de pin, de Pomoïdée, d'aulne sont constituées essentiellement de petit bois.

En ce qui concerne l'aspect des charbons, on a pu constater qu'environ « un tiers à un quart » des charbons avait des aspects luisants (Fig. 17). Rappelons que les aspects luisants observés peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et réductrices (Blaizot *et al.*, 2004).

Dans le cas ci-présent, les proportions de charbons d'aspect luisant sont assez faibles (25% à 38%). L'hypothèse de rejets de combustions plutôt ouvertes est donc la plus probable. On peut évoquer des contextes anaérobies localisés, peut-être de « fond de foyer » ou bien des combustions de « gros volumes de combustibles », potentiellement de bûchers, entraînant de fait des conditions chaudes et anaérobies au cœur des combustions. L'hypothèse de rejets de bûchers reste donc possible. Mais il ne s'agit pas de restes de combustion aux conditions particulièrement chaudes et réductrices de type « four » ou « fourneau ».

Notons aussi que le faible nombre de charbons avec des fentes de retrait (les aspects fendus sont identifiés sur 7 à 15% des charbons) caractérise un bois brûlé à l'état sec (non vert).

Afin de caractériser les types de ramassage, sélectifs ou non, des calculs de l'indice de concentration de Pareto ont été effectués sur les deux compositions anthracologiques. (Fig. 17). Le principe du calcul repose sur le fait que dans les communautés végétales en équilibre, 20% des taxons correspondent à environ 80% de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999). De nombreux travaux ont montré que l'exploitation du combustible ligneux, notamment en contexte domestique est, en moyenne, peu sinon pas sélective (Chabal, 1994, 1997, Théry, 1998). Dans ces cas, l'indice de concentration de Pareto tend à se rapprocher du rapport d'équilibre constaté en théorie dans la nature et évoqué ci-dessus.

Les diversités anthracologiques prises en compte sont respectivement de neuf taxons pour l'ensemble de la fosse FS2220 (US2217) et de huit taxon pour le prélèvement de l'US 1090.

Les deux graphiques montrent que les proportions des taxons anthracologiques constatées ne reflètent pas les mêmes proportions que dans les communautés végétales naturelles (Fig. 17). Cette tendance est généralement caractéristique de système technique nécessitant des choix en combustibles bien définis, le plus souvent ce sont des activités de « type artisanal». Cette hypothèse serait cohérente avec des choix en combustibles en vue de constituer un bûcher funéraire.

Dans les cas ci-présents, les ramassages semblent avoir été orientés tout particulièrement vers des bois de moyen calibre de type chêne caducifolié, chêne sclérophylle et olivier associés à des bois de plus petit calibre notamment de pin pour l'US 2217.

Enfin, quelques rares mesures de largeurs de cernes ont été réalisées sur des charbons de chêne caducifolié du prélèvement de l'US 2217, permettant de calculer une moyenne de l'ordre de 1,69 mm / an (Fig. 16). Cette moyenne est caractéristique de contextes de croissance difficiles, peut-être des environnements contraignants (sols pauvres, mal exposés, secs...) ou des milieux soumis à des compétitions inter- ou intraspécifiques vis-à-vis des ressources naturelles (ex. un boisement dense). Compte tenu des très faibles effectifs mesurés, il faut considérer ce résultat avec prudence.

## 4. BILAN

Cette étude vient apporter des éléments d'interprétation sous l'angle des vestiges ligneux. Environ 150 fragments ont été observés pour les deux prélèvements (Fig. 1).

### 4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental

Dix à onze taxons anthracologiques ont été identifiés dans cette étude.

Il est bien sûr difficile d'interpréter directement les compositions anthracologiques en termes de paléo-paysages, car les proportions de chaque essence sont avant tout liées aux aléas des aires de ramassage mais aussi aux usages du combustible. Dans le cadre de cette étude, des choix techniques en rapport avec la qualité de combustibilité du chêne, de l'olivier ou bien des choix orientés vers des bois de petit calibre ou de bois tendres sont très probables (cf. chapitre 4.2. ).

L'identification des taxons ligneux permet toutefois de proposer différentes associations écologiques et en particulier les végétations correspondant aux différents étages de la végétation méditerranéenne (Rameau *et al.*, 2008) (Fig. 18) :

- **L'étage thermoméditerranéen** : olivier (*Olea sp.*) (essence cultivée ?), euphorbe de type arborescente (*Euphorbia dendroides*),
- **L'étage mésoméditerranéen** : chênes sclérophylles (*Quercus ilex*, *Quercus suber* et *Quercus coccifera*), le pin d'Alep / pin pignon (*Pinus halepensis* / *Pinus pinea*),
- **Les étages supraméditerranéens et collinéens** sont perçus avec la chênaie caducifoliée (*Quercus sp.*), le saule (*Salix sp.*), l'aulne (*Alnus sp.*), le bouleau (*Betula sp.*), les Pomoidées (ex. Alisier *Sorbus sp.*, Aubépine *Crataegus monogyna*),
- Le saule et l'aulne, voire aussi le bouleau, correspondent à des **boisements humides**,
- **Espèces cultivées probables** : le figuier (*Ficus carica*), l'olivier.

|                                                                                          | Prélèvement de la fosse FS2220<br>(US 2217)                                       | Prélèvement associé à l'US 1090                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Etage supraméditerranéen et collinéen.</b><br>(chêne caducifolié, Pomoidées, bouleau) |  |  |
| <b>Etage mésoméditerranéen</b><br>(chêne sclérophylle et pin type Alep)                  |  |  |
| <b>Boisements humides</b><br>(saule, aulne, aulne/bouleau)                               |  |  |
| <b>L'étage thermoméditerranéen</b><br>(Olivier, euphorbes)                               |  |  |
| <b>Essences cultivées</b><br>(Olivier, Figuier)                                          |  |  |
| <b>Diversité taxonomique (nb de taxons anthracologiques)</b>                             | <b>9</b>                                                                          | <b>8</b>                                                                            |

Fig. 18 – Tableau montrant les différents types de boisements explorés en fonction des deux prélèvements.

## 4.2. Informations d'ordre ethnographique

D'après la description archéologique (com. pers. Lise Damotte), les US d'appartenance semblent correspondre toutes les deux à des « remobilisations » de couches d'origines funéraires. Les deux US contenaient notamment « des objets en alliage cuivreux un peu fondus et des os humains brûlés ». Au regard de ces constats archéologiques, l'hypothèse de résidus de combustions funéraires est probable.

Les deux compositions anthracologiques montrent beaucoup de similarités tant au niveau des essences identifiées (8 taxons sur dix sont communs) que par leurs proportions, les calibres identifiés, les aspects des charbons. (cf. Fig. 17). Les résultats anthracologiques tendraient donc à appuyer là aussi une même origine et probablement « un même type de combustion ».

L'analyse montre l'emploi de bois de moyen (chêne caducifolié, chêne sclérophylle, olivier) et petit calibre (pin). Les essences utilisées correspondent à la fois à des bois denses (ex. chêne, olivier) mais aussi à des bois plus tendres (ex. saule, aulne).

Les calculs de l'indice de Pareto effectués sur les proportions des différentes essences utilisées montrent que le combustible a probablement fait l'objet de sélections. Les proportions des chênes sclérophylles, chênes caducifoliés, olivier, pin montrent des provenances correspondant aux divers étages de la végétation méditerranéenne (Fig. 18). Il s'agit probablement d'assemblages « construits » et destinés à obtenir des combustions précises, à la différence de ramassages de « tout-venant ». Ce type d'assemblage est plutôt caractéristique de systèmes techniques nécessitant des choix en combustibles pour des usages particuliers (ex. activité de type artisanal).

Le bois de petit calibre (ex. pin), mais aussi les bois tendres (ex. saule et aulne) génèrent des combustions vives mais brèves. Les bois de chêne et d'olivier, majoritaires, correspondent à des bois denses, générant des braises avec beaucoup d'énergie et dans la durée. Ce sont d'excellents combustibles mais ils peuvent être difficiles à enflammer, d'où probablement l'association avec des bois de plus petit calibre (pin) et du bois tendre (saule, aulne, bouleau) comme bois d'allumage de la combustion.

Les charbons ne montrent pas d'aspect particulièrement luisant ce qui témoignerait de combustions plutôt ouvertes. Toutefois une partie du combustible (25 à 38%) semble avoir été soumis à de fortes températures. Les aspects luisants observés sur certains charbons peuvent être interprétés comme un premier stade de « phénomènes de vitrification », typiques de conditions de combustions chaudes et réductrices (Blaizot *et al.*, 2004). Les charbons semblent donc provenir de combustions globalement aérobies, mais certains fragments pourraient avoir été soumis à de fortes températures et/ou provenir de contextes anaérobies localisés. On peut par exemple évoquer des combustions de « fond de foyer » ou bien des combustions de « gros volumes de combustibles », potentiellement de bûchers funéraires, entraînant de fait des conditions un peu plus chaudes et anaérobies au cœur des combustions.

L'hypothèse de résidus de structures de combustion de type « bûchers funéraires », même si elle ne peut être confirmée, apparaît néanmoins cohérente avec les observations anthracologiques.

## 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., 1992 - La représentativité paléo-écologique des charbons de bois issus du bois de feu. *Bulletin de la Société botanique Française*, 139, Actualités botaniques (2/3/4), p. 213-236.

CHABAL L., 1994 - Apports récents de l'anthracologie à la connaissance des paysages passés : performances et limites. *Histoire et Mesure*, IX-3/4, p. 317-338.

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.

MARCOUX N., 2009 - Les bois utilisés comme combustible dans l'atelier gallo-romain de réduction du minerai de fer in SARRESTE F., Archéologie dans le Silléen, Rapport d'opérations archéologiques programmées. Roche-Brune (Pezé-le-Robert, Sarthe). p. 20-39.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 p.

SIVAN O., COURT-PICON M., 2007 - *Evolution géomorphologique holocène des plaines alluviales niçoises*. ARCHEAM, Cahier du Cercle d'Histoire et d'Archéologie des Alpes Maritimes, n°14.

THERY-PARISOT I., 1998 - *Economie du combustible et Paléoécologie en contexte glaciaire et périglaciaire, Paléolithique moyen et supérieur du sud de la France. Anthracologie, Expérimentation, Taphonomie*. Thèse de doctorat, Université de Paris 1, 500 p.

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

## 6. ANNEXE – Photographies



Fig. 19 – Fragment de chêne sclérophylle (*Quercus ilex type*) de courbure intermédiaire. Coupe transversale. Grossissement x17. Prélèvement de l'US 1090. L'échelle représente des millimètres.

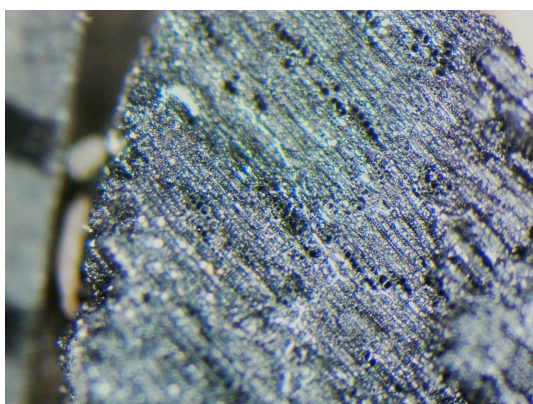


Fig. 20 – Fragment d'Euphorbe (*Euphorbia sp.*) de forte courbure. Coupe transversale. Grossissement x43. Prélèvement de l'US 1090. L'échelle représente des millimètres.

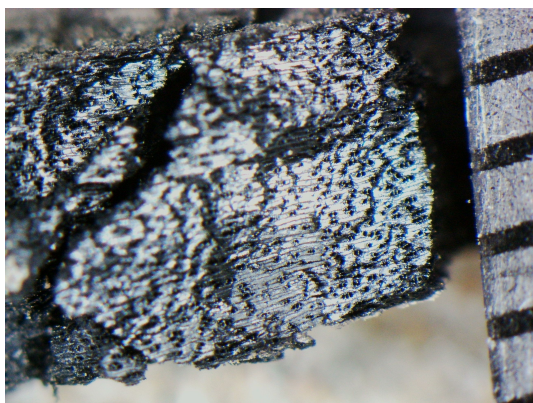


Fig. 21 – Fragment d'olivier (*Olea sp.*) de courbure intermédiaire. Coupe transversale. Grossissement x25. Prélèvement de l'US 1090. L'échelle représente des millimètres.

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

### 7.1. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1287 »

#### ● Résultats

| Numéro de tube | Code Espèce               | Courbure                                       | Combustion  | Cambium | Thylle  | Priorité      |
|----------------|---------------------------|------------------------------------------------|-------------|---------|---------|---------------|
| 1              | Frag. Graine ?            | Indéterminé, très petit fragment               |             |         |         | 0             |
| 2              | Frag. Graine ?            | Indéterminé, très petit fragment               |             |         |         | 0             |
| 3              | Résineux                  | Indéterminé                                    | Mat         | Ind.    | Ind.    | 0             |
| 4              | Frag. Graine ?            | Graine certaine, mais très très petit fragment |             |         |         | 2 (1er choix) |
| 5              | Indéterminé (feuillu)     | Forte                                          | Dur-luisant | Absence | Absence | 0             |
| 6              | Indéterminé (feuillu)     | Indéterminé                                    | Dur-luisant | Absence | Absence | 0             |
| 7              | Pinus type halepensis (?) | Intermédiaire                                  | Mat         | Absence | Absence | 1 (2d choix)  |
| 8              | Indéterminé (chêne?)      | Indéterminé                                    | Dur-luisant | Absence | Absence | 0             |
| 9              | Pinus type halepensis (?) | Faible à intermédiaire                         | Mat         | Absence | Absence | 1 (2d choix)  |
| 10             | Quercus/Castanea          | Intermédiaire                                  | Mat         | Absence | Absence | 0             |

Fig. 22 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1287 ».

#### ● Description

L'observation globale n'a pas permis d'identifier de brindilles. Potentiellement de très très petites graines?? (trop petites?).

Tube 1 : Probable graine, mais très très petit fragment, probablement insuffisant.

Tube 2 : Probable graine, mais très très petit fragment, probablement insuffisant.

Tube 3 : Fragment de résineux, pas particulièrement favorable.

Tube 4 : Fragment de graine, mais très très petit fragment, probablement insuffisant mais très favorable si la quantité est suffisante ?.. (choix n°1)

Tube 5 : Fragment indéterminé (feuillu) de forte courbure, dur-luisant. Porosité plutôt diffuse, rayon de 1 à 3 cellules de large. Pas particulièrement favorable.

Tube 6 : Fragment indéterminé(feuille), dur-luisant. Pas particulièrement favorable.

Tube 7 : Fragment de pin (*Pinus sp.*), probablement pin de type Alep (rayons aux parois dentées). Longévité maximum de l'ordre de 200 ans. Courbure intermédiaire, donc position plutôt externe. (à choisir en second choix si besoin).

Tube 8 : Fragment indéterminé (feuillu), dur-luisant. Probablement du chêne. Pas particulièrement favorable car forte longévité.

Tube 9 : Fragment de pin (*Pinus sp.*), probablement pin de type Alep (rayons aux parois dentées). longévité maximum de l'ordre de 200 ans. courbure faible à intermédiaire. position plutôt externe. id=1. (à choisir en second choix si besoin).

Tube 10 : Fragment de chêne-châtaignier. Forte longévité, pas particulièrement favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Le fragment de graine (tube 4) serait très favorable mais la graine est très petite... Les fragments de pin de type Alep (tubes n°7 et n°9) constituent des alternatives. Choisir les fragments des tubes n°9 puis le n°7 si besoin.

## 7.2. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1307 »

### ● Résultats

| Numéro de tube | Code Espèce                | Courbure      | Combustion                       | Cambium | Thylle  | Priorité                                  |
|----------------|----------------------------|---------------|----------------------------------|---------|---------|-------------------------------------------|
| 1              | Frag. Graine type Poacée ? |               | Indéterminé, très petit fragment |         |         | 0 ou 2 (qité insuffi?)                    |
| 2              | Frag. Graine type Poacée ? |               | Indéterminé, très petit fragment |         |         | 0 ou 2 (à choisir)                        |
| 3              | Pinus type halepensis (?)  | Forte         | Mat                              | Absence | Absence | 1 (1er choix si tubes 1 et 2 trop petits) |
| 4              | Quercus sp.                | Intermédiaire | Fendu-luisant                    | Absence | Absence | 0                                         |
| 5              | Quercus sp.                | Intermédiaire | Mat                              | Absence | Absence | 0                                         |
| 6              | Olea sp.                   | Intermédiaire | Mat                              | Absence | Absence | 0                                         |
| 7              | Frag. Écorce?              | Indéterminé   | Mat                              | Absence | Absence | 0 ou 1                                    |
| 8              | Pomoïdeae                  | Forte         | Mat                              | Absence | Absence | 1 (2e ou 3e choix)                        |
| 9              | Pinus type halepensis (?)  | Forte         | Mat                              | Absence | Absence | 1 (2e ou 3e choix)                        |

Fig. 23 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1307 ».

### ● Description

Tube 1 : fragment graine, probable graine de graminée, mais très très petit fragment, probablement insuffisant.

Tube 2 : graine, probable graine de graminée très petit fragment, un peu plus de matière que tube 1 probablement insuffisant. (à choisir si quantité suffisante..)

Tube 3 : Fragment de pin (*Pinus sp.*), probablement pin de type Alep (rayons aux parois dentées). longévité maximum de l'ordre de 200 ans. courbure forte, mais la forme très nette de la surface extérieure laisse penser que l'écorce est à proximité. Il s'agit probablement d'une brindille?. Le fragment est donc assez favorable. (à choisir en second choix si les fragments de graine sont insuffisants.).

Tube 4 : Chêne, aspect fendu luisant, courbure intermédiaire. Forte longévité. Pas particulièrement favorable.

Tube 5 : Chêne, courbure intermédiaire. Forte longévité. Pas particulièrement favorable.

Tube 6 : Fragment d'olivier, courbure intermédiaire. Pas particulièrement favorable, forte longévité possible.

Tube 7 : Probable fragment d'écorce mais très petit...

Tube 8 : Probable fragment de Pomoïdée. Forte courbure. Potentiellement intéressant. ( 3 à 4e choix).

Tube 9 : Fragment de pin (*Pinus sp.*), probablement pin de type Alep (rayons aux parois dentées). longévité maximum de l'ordre de 200 ans. courbure forte. (à choisir en 3à 4e choix si besoin).

Charbons à sélectionner pour datation : Les fragments de graines des tubes n°1 et n°2 seraient les plus favorables, mais les quantités de matière sont sans doute trop faibles. Le charbon du tube n°3 correspondrait probablement à une brindille. Fragment le plus favorable après les graines... à choisir si les graines des tubes 1 et 2 sont trop petites. Si besoin, les charbons des tubes n°8 et n°9 pourraient aussi être utilisés en second choix.

### 7.3. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1058 »

- **Résultats**

| Numéro de tube | Code Espèce               | Courbure                                       | Combustion | Cambium | Moelle  | Priorité                          |
|----------------|---------------------------|------------------------------------------------|------------|---------|---------|-----------------------------------|
| 1              | Frag. Graine ou Coquille? | frag. Favorable, mais très très petit fragment |            |         |         | 2 (1er choix si qtté suffisante?) |
| 2              | Frag. Graine ou Coquille? | frag. Favorable, mais très très petit fragment |            |         |         | 2                                 |
| 3              | Pomoïdeae                 | Intermédiaire                                  | Mat        | Absence | Absence | 0 à 1                             |
| 4              | Olea sp.                  | Intermédiaire                                  | Mat        | Absence | Absence | 0                                 |

Fig. 24 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1058 ».

- **Description**

Tube 1 : fragment graine ou de coquille, très favorable si quantité suffisante. (Premier choix si quantité de matière suffisante)

Tube 2 : fragment graine ou de coquille, très favorable mais très petit si quantité suffisante. (Second choix).

Tube 3 : fragment de Pomoïdée de courbure intermédiaire. Potentiellement intéressant mais moins favorable que les graines. ( 3e choix).

Tube 4 : Fragment d'olivier, courbure intermédiaire. Pas particulièrement favorable, car forte longévité possible.

Charbons à sélectionner pour datation : Les fragments de graine ou de coquille des tubes n°1 et n°2 sont les plus favorables. Le fragment du tube n°1 serait le premier choix, celui du tube n°2 le second.

Le fragment du tube n°3 pourrait constituer une alternative si les quantités de matière des tubes n°1 et n°2 se révélaient insuffisantes.

## 7.4. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1353 »

### ● Résultats

| Numéro de tube | Code Espèce              | Courbure                         | Combustion  | Cambium | Thylle  | Priorité                                |
|----------------|--------------------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|-----------------------------------------|
| 1              | Frag. Graine ou écorce   | Indéterminé, très petit fragment |             |         |         | 1 (1er choix si qité suffisante)        |
| 2              | Bruyère arborescente (?) | Forte à intermédiaire            | Mat         | Absence | Absence | 1 (2d choix si qité tube1 insuffisante) |
| 3              | Quercus/Castanea         | Intermédiaire                    | Dur-luisant | Absence | Absence | 0                                       |
| 4              | Arbutus unedo            | Indéterminé                      | Mat         | Absence | Absence | 0                                       |
| 5              | Quercus/Castanea         | Indéterminé                      | Mat         | Absence | Absence | 0                                       |
| 6              | Indéterminé (Ericacée?)  | Indéterminé                      | Dur-luisant | Absence | Absence | 0 à 1                                   |
| 7              | Quercus sp.              | Indéterminé                      | Mat         | Absence | Absence | 0                                       |

Fig. 25 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1353 ».

### ● Description

Tube 1 : Fragment probable d'écorce ou de coquille? Potentiellement très intéressant pour une datation si la quantité de matière suffisante? A choisir en premier choix si datation possible ?

Tube 2 : Fragment de bruyère arborescente. Courbure forte à intermédiaire. Intéressant pour une datation car longévité plutôt faible (40 - 50 ans), à choisir notamment si la quantité de matière du tube 1 est insuffisante (Choix n°1 ou 2)

Tube 3 : Fragment indéterminé, probable chêne-châtaignier, dur-luisant. Pas particulièrement favorable.

Tube 4 : Fragment d'arbousier (*Arbutus unedo*), longévité importante (100 à 400) pas particulièrement favorable.

Tube 5 : Fragment de chêne-châtaignier. Longévité importante mais pas particulièrement favorable.

Tube 6 : Fragment indéterminé, probablement une Ericacée de type arborescente. Donc potentiellement intéressant car longévité modeste (40-50 ans). A choisir en 3e choix si besoin.

Tube 7 : Fragment de chêne, longévité importante mais pas particulièrement favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Le fragment de graine ou d'écorce du tube n°1 est le plus favorable si la quantité de matière est suffisante. Le fragment du tube n°2 correspond à une bruyère arborescente, de longévité plutôt faible. Il constitue un second choix si nécessaire.

Le fragment du tube n°1 serait le premier choix, celui du tube n°2 le second.

Le fragment du tube n°6 pourrait constituer une alternative si les quantités de matière des tubes n°1 et n°2 se révélaient insuffisantes.

## 7.5. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1090 »

### ● Résultats

| Numéro de tube | Code Espèce                  | Courbure | Combustion                        | Cambium | Thylle | Priorité      |
|----------------|------------------------------|----------|-----------------------------------|---------|--------|---------------|
| 1              | Frag. Coquill, drupe, pépin? |          | Indéterminé, qité matière sup.    |         |        | 2 (1er choix) |
| 2              | Frag. Coquill, drupe, pépin? |          | Indéterminé,                      |         |        | 2             |
| 3              | Frag. Pépin?                 |          | Indéterminé,                      |         |        | 2             |
| 4              | Frag. Graine ou bourgeon ?   |          | Indéterminé,                      |         |        | 2             |
| 5              | Frag. Coquille               |          | Indéterminé, très petit fragment. |         |        | 2             |

Fig. 26 – Inventaire des fragments, informations dendrologiques et indice de priorité proposé pour la réalisation d'une datation C14. Prélèvement « Amphithéâtre de Cimiez – US 1090 ».

### ● Description

Observation de nombreux fragments de graines, pépins, coquilles...

Tube 1 : fragment de coquille, drupe avec pépin? A confirmer par la carpologie. Très favorable. Id. =2 (à choisir car plus de matière que les autres tubes)

Tube 2 : fragment de coquille, drupe avec pépin? A confirmer par la carpologie. Très favorable.

Tube 3 : probable fragment de pépin. A confirmer par la carpologie. Très favorable.

Tube 4 : probable fragment de graine ou de bourgeon. A confirmer par carpologie. Très favorable.

Tube 5 : fragment de coquille. (très petit). Très favorable.

Charbons à sélectionner pour datation : Cinq fragments de graines ou pépins ont été sélectionnés. Ils sont tous favorables pour des datations. Le fragment du tube n°1 semble comporter davantage de matière que les autres fragments. Il a donc été sélectionné en premier choix.