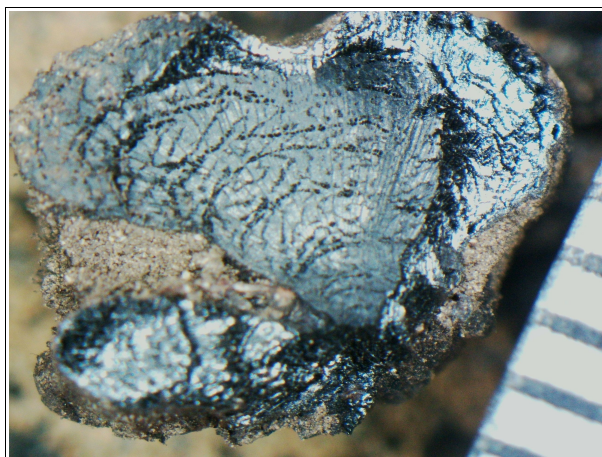




ANALYSES SCIENTIFIQUES DES DÉCOUVERTES
ARCHÉOLOGIQUES : ÉTUDES ANTHRACOLOGIQUES

**ANALYSES ANTHRACOLOGIQUES DE PRÉLÈVEMENTS
RÉALISÉS LORS DE L'OPÉRATION ARCHÉOLOGIQUE DE
« LA CHAISE DU CHASSEUR » SUR LA COMMUNE DE
SAINTE MARIE DE VAUX(87).**

SITE D'EXTRACTION DE MEULES DU MOYEN-ÂGE.



ARCHÉA
LA CHAISE DU CHASSEUR
33 AVENUE DE TRAVERSAT
87100 LIMOGES

Juillet 2026

ArchéA
La Chaise du chasseur
33 avenue de Traversat
87100 LIMOGES

Analyses anthracologiques de prélèvements réalisés lors de l'opération archéologique de « la chaise du chasseur » sur la commune de Sainte Marie de Vaux(87).

Site d'extraction de meules du Moyen-Age.

Rapport d'étude anthracologique

Loïc GAUDIN

chargé de cours à l'Université de Rennes 1

E-mail : loic.gaudin@arkeomap.com

Site web : arkeomap.com

Illustration de la page de couverture :

Fragment de Fabacée de type genêt (Cytisus scoparius), d'aspect « dur-luisant », vue en coupe transversale, grossissement x13 (l'échelle représente des millimètres). Prélèvement n° SMDV22 (S7 (E/F/G) US 702 / 703).

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS.....	5
2. BREF APERCU DU PRINCIPE DE L'ETUDE ANTHRACOLOGIQUE, ELEMENTS D'INTERPRETATION	7
2.1. Équipement d'observation.....	7
2.2. Méthodologie.....	8
2.3. Observation macroscopique du plan ligneux	14
2.4. Estimation du diamètre minimum des arbres : technique de la « calibration »	16
2.5. Les principales essences et formations végétales observées, éléments d'interprétation.....	18
3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION.....	21
3.1. Prélèvement associé au secteur S3 (AF7) - SMDV19.....	22
a. Résultats	22
b. Interprétations	23
3.2. Prélèvement associé au secteur S7 (E/F/G) – US 702/703- SMDV22.....	25
a. Résultats	25
b. Interprétations	27
3.3. Prélèvement associé au secteur S14 US 1403 - SMDV 25.....	29
a. Résultats	29
b. Interprétations	30
4. BILAN.....	32
4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental.....	32
4.2. Informations d'ordre ethnographique.....	34
5. BIBLIOGRAPHIE.....	36
6. ANNEXE – Photographies.....	38

INTRODUCTION

Ce document présente les résultats de l'analyse anthracologique des restes charbonneux prélevés lors d'une opération archéologique menée sur le site de La Chaise du Chasseur, situé sur la commune de Sainte-Marie-de-Vaux (87). Le site est interprété comme une carrière d'extraction de meules de moulin du Moyen-Age.

Les fragments analysés proviennent de nappes charbonneuses associées à différentes zones d'extraction. Trois secteurs, définis par J.-G. Peyrony (fig. 1), ont fait l'objet de prélèvements :

- Le secteur S3 correspond aux abords d'une meule demeurée en place. La nappe charbonneuse a fait l'objet d'une datation radiocarbone (C14), qui l'attribue au XIII^e siècle apr. J.-C. ;
- Le secteur S7 correspond à une carrière de pierre postérieure à l'exploitation des meules. Une datation radiocarbone réalisée sur des charbons issus de son comblement situe cette phase entre les XVII^e et XVIII^e siècles ;
- Le secteur S14 concerne une tranchée liée à la présence d'un important bloc de granite non anthropisé. La datation est en cours.

L'analyse anthracologique a été conduite selon trois objectifs principaux :

- déterminer l'origine des charbons, afin d'établir s'ils correspondent à des résidus de combustibles ou à des éléments de bois d'œuvre utilisés, par exemple, dans le cadre des opérations d'extraction ou de façonnage des meules ;
- dans l'hypothèse où les charbons proviendraient de combustibles, caractériser la nature du bois utilisé : les assemblages traduisent-ils une sélection particulière des essences et des calibres ? Sont-ils représentatifs de rejets liés à des usages domestiques ou peuvent-ils être mis en relation avec les activités d'extraction et de fabrication des meules ?
- caractériser les boisements exploités dans l'aire d'approvisionnement à l'époque, afin de mieux restituer l'environnement végétal et les ressources ligneuses mobilisées.

Cette étude a été commandée par M. J.-G. Peyrony, responsable de l'opération au sein de l'association ArchéA, avec le soutien financier du Parc naturel régional Périgord-Limousin.

1. INVENTAIRE ET ORIGINE DES PRELEVEMENTS

Les trois prélèvements analysés sont issus des trois différents secteurs. Au total ce sont un peu plus de 150 fragments qui ont été étudiés (Fig 1).

INVENTAIRE ANTHRACOLOGIQUE			
Commune :		Sainte-Marie-de-Vaux (87)	
Nom de l'opération / Lieu-Dit :		Site de la chaise du chasseur	
Année :		2025	
N° OA :			
Resp. d'Op. ; commanditaire		Jean-Guy Peyrony	
Type d'opération :			
Période d'analyse pressentie		mois de juillet - aout 2026	

Structure – sondage		Description	Nombre de charbons observés
SMDV 19	S3 (AF7)	Secteur concernant les abords d'une meule en place. Sol d'occupation et/ou de travail, daté du XIIIe par C14.	51
SMDV 22	S7 (E/F/G) US 702 / 703	Secteur correspondant à une carrière postérieure aux extractions de meule. XVIIe / XVIIIe	70
SMDV 25	S14 (Tranchée) US 1403	Zone liée à un gros bloc de granit non anthropisé. Recherche de traces d'occupation.	42
			163

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

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

Pour le prélèvement le plus diversifié (S14 US 1403) six taxons ont été identifiés. Les courbes « effort-rendement » montrent des seuils situés entre 15 et 25 fragments (Fig. 2).

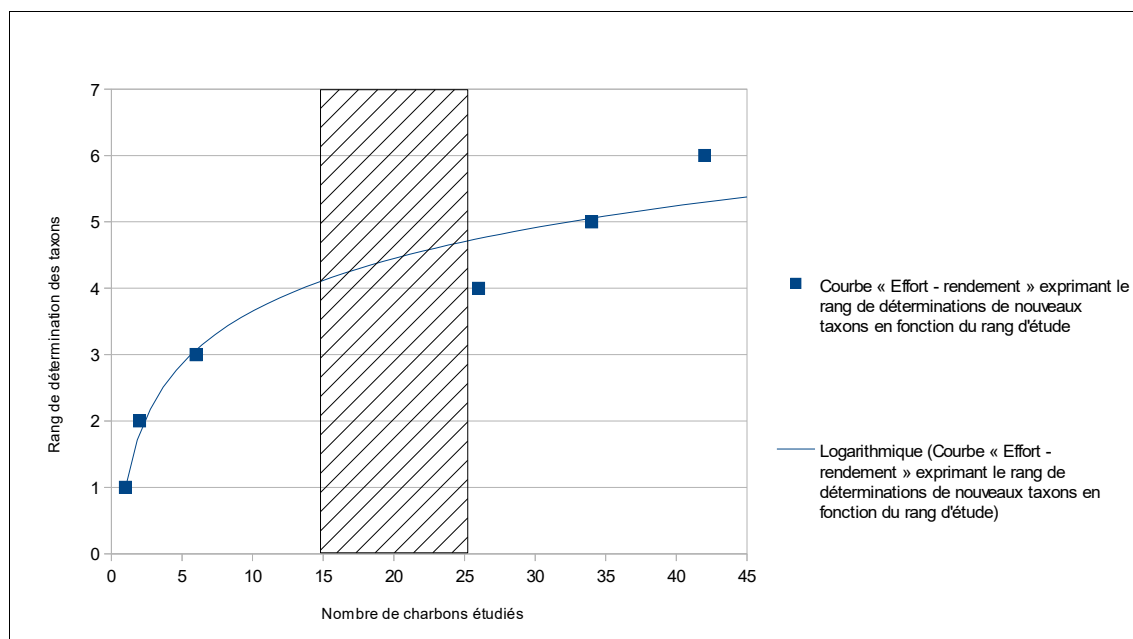


Fig. 2 – Courbe effort-rendement obtenue pour le prélèvement n°SDMV25 S14 US 1403. Dans cet exemple, le sixième taxon identifié, « Erica type cinerea » a été observé au 42e rang et le seuil « d'effort - rendement » se situerait entre 15 et 25 charbons.

De façon générale, les trois prélèvements étudiés montrent assez peu de diversité (souvent entre trois et six taxons). 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 poussant l'observation de 50 à 70 charbons par prélèvement lorsque cela était possible.

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

2.1. Équipement d'observation

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



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

2.2. Méthodologie

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

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

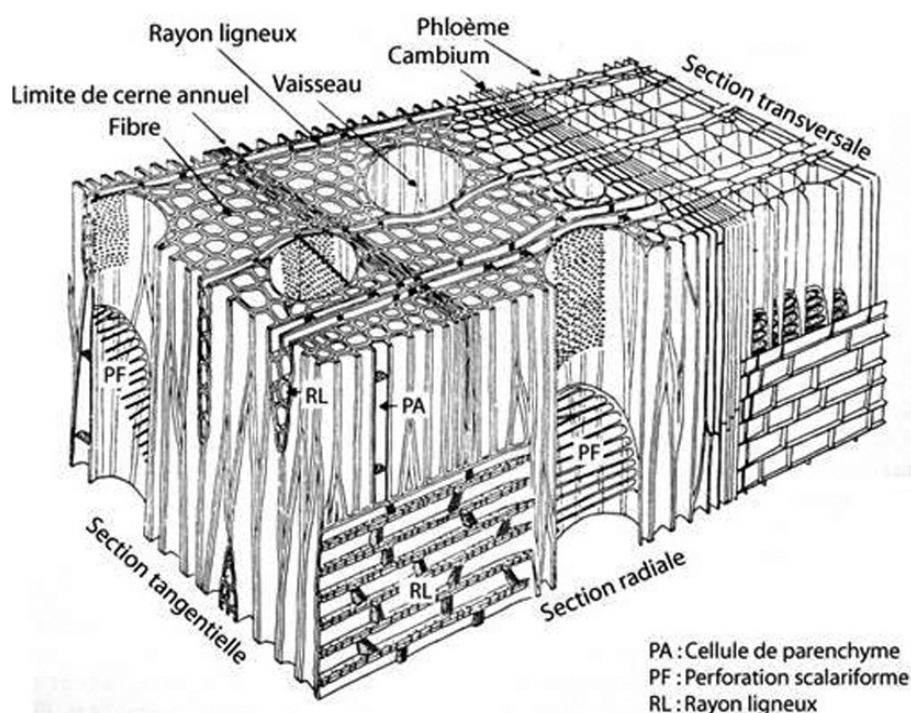


Fig. 4 - Schéma présentant les différents plans anatomiques du bois d'angiosperme.

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

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

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

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

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

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

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

- **le rythme de croissance**

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

- **la présence de thylles**

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

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

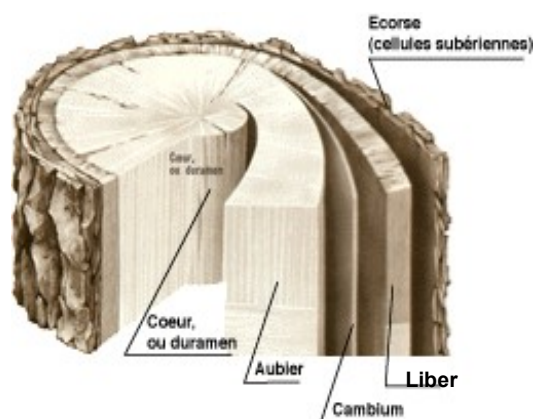
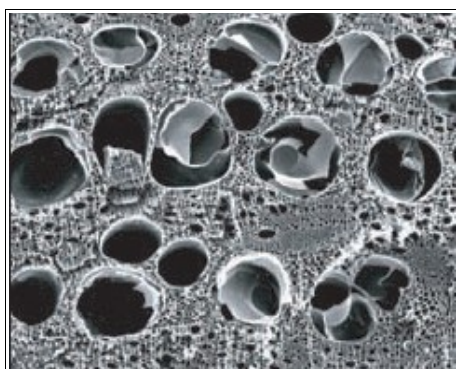
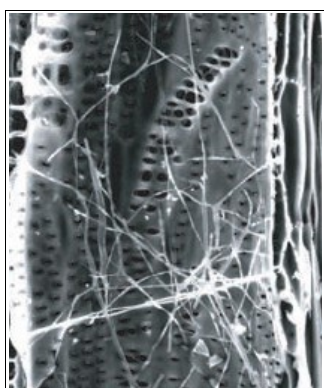


Fig. 5 – A gauche : Photographie prise au microscope électronique de thylles dans les vaisseaux du duramen carbonisé de chêne (Marguerie et al., 2010). A droite, schéma permettant de distinguer les différents tissus composant le bois. Nous distinguons notamment le bois de cœur (ou duramen) associé à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

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



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

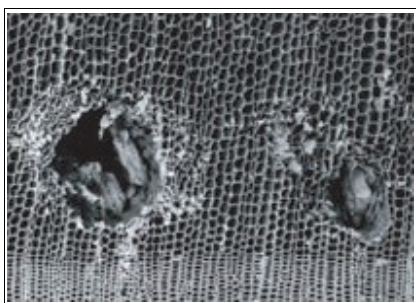
Fig. 6 – Hyphes de champignons dans un vaisseau de charbon de chêne (Marguerie et al., 2010).

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

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

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

- les traces de galeries laissées par les insectes xylophages.



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

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

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

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



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

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

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

La vitrification (ou aspect luisant du charbon) affecte plus souvent des petites pièces de bois (Oilic, 2011). Selon Marguerie *et al.* (2010), elle est la conséquence de conditions spécifiques de combustion ou de taphonomie, voire d'un état particulier du bois avant le passage au feu. Une combustion rapide à haute température peut causer une déformation des tissus, une apparition de fissures et une fusion (Schweingruber, 1982). Prior et Alvin y voient la conséquence d'une combustion à très haute température (Prior et Alvin, 1986), néanmoins ce seul critère serait remis en cause par McParland *et al.*, (2010). De fortes variations de températures comme "un refroidissement rapide de surfaces chaudes en conditions anaérobies" (conditions réductrices) pourraient par exemple provoquer ce phénomène de vitrification selon Blaizot *et al.* (2004). Des études un peu plus récentes d'A. Henry (*in* Excoffon., 2010), citées aussi par C. Cenzon-Salvayre (2014), tendent à montrer que l'effet de températures particulièrement élevées ne constituent pas un facteur déterminant dans l'apparition du phénomène de vitrification. Celui-ci semble en revanche étroitement lié à la durée de la combustion, tandis que la présence d'un milieu réducteur apparaît comme une condition indispensable. En 2010, A. Henry observe en effet une grande quantité de charbons vitrifiés dans une structure de crémation et émet l'hypothèse que ces charbons correspondent à des résidus qui ont « continué à cuire » sous la masse cendreuse du bûcher. 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 des types de structures tels que 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, durée, degré d'oxygénation).

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

Il discerne quatre niveaux de vitrification :

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

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

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

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

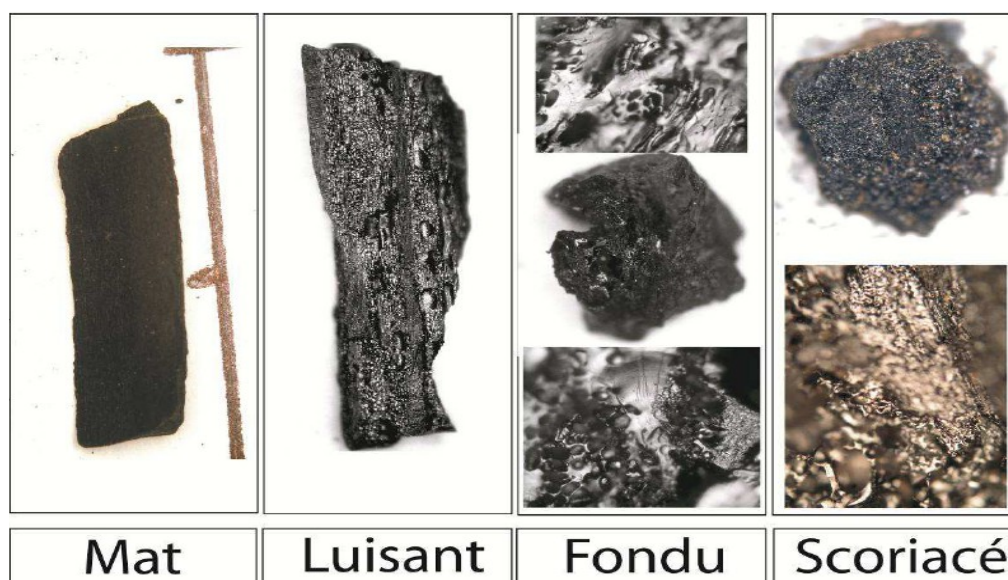
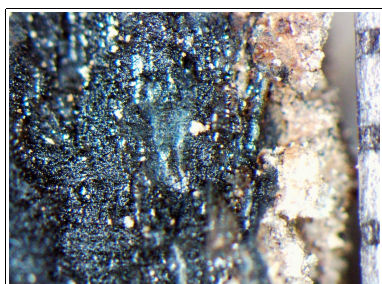


Fig. 9 – Les quatre degrés de vitrification observés dans les prélèvements anthracologiques (extrait de Oilic, 2011).

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



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

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

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

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

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

2.3. Observation macroscopique du plan ligneux

- Observations de caractères dendrologiques :

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

- Mesures des largeurs moyennes de cernes ou croissance radiale :

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

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

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

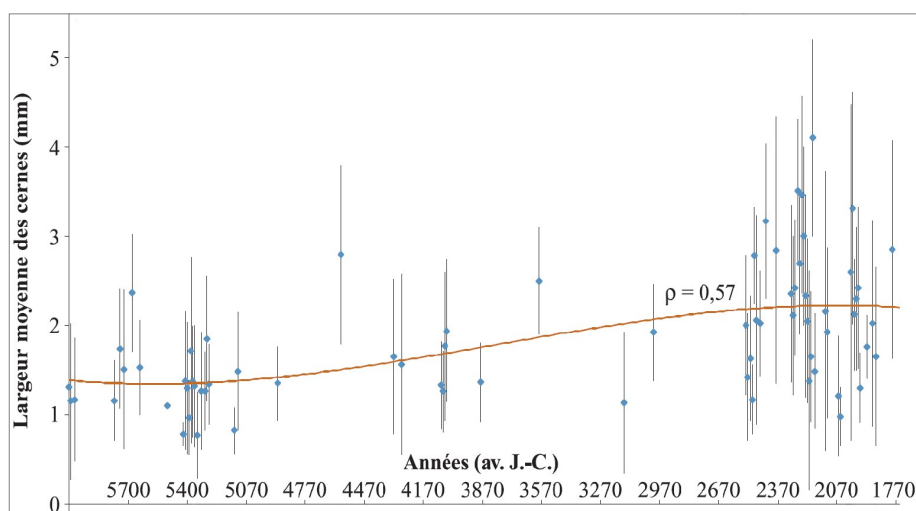


Fig. 11 – Graphique exprimant des largeurs moyennes de cerne en fonction du temps pour des études de l'ouest de la France (Marguerie et al., 2010).

Le graphique ci-dessus exprime des largeurs moyennes de cerne entre le Néolithique et l'Antiquité (Fig. 11). 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

L'observation des courbures des cerne 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.

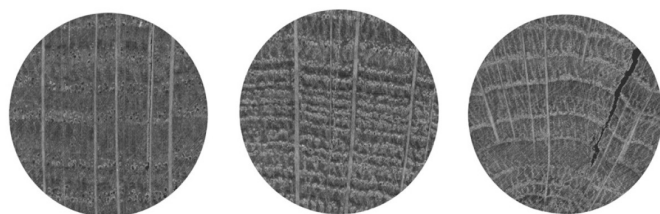


Fig. 12 – Les trois catégories des courbures de cerne annuels de croissance : faible, intermédiaire et forte (Marguerie, Hunot 2007).

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

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

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

Selon N. Marcoux (2009), la capture est à effectuer sur la partie la plus externe du charbon de façon à estimer au mieux son calibre. Deux droites correspondant à des rayons ligneux sont dessinées : d1 et d2 (Fig. 14). Si la marge extérieure du charbon suit la courbure des cernes, une droite d est tracée entre les points de croisement des droites d1 et d2 et la bordure du charbon. La distance d et l'angle a formé par les deux droites d1 et d2 sont les données utilisées dans le calcul trigonométrique basé sur le sinus (Fig. 14).

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

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

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

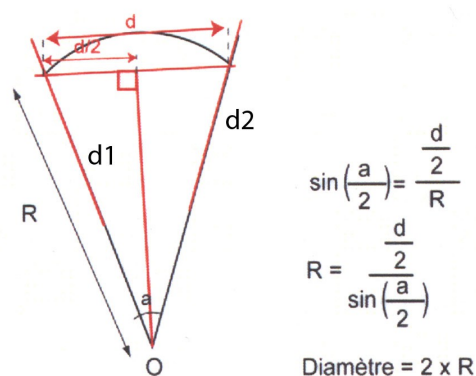


Fig. 13 : calculs trigonométriques pour la détermination des calibres des bois à partir du sinus de l'angle (Paradis S., 2007).

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

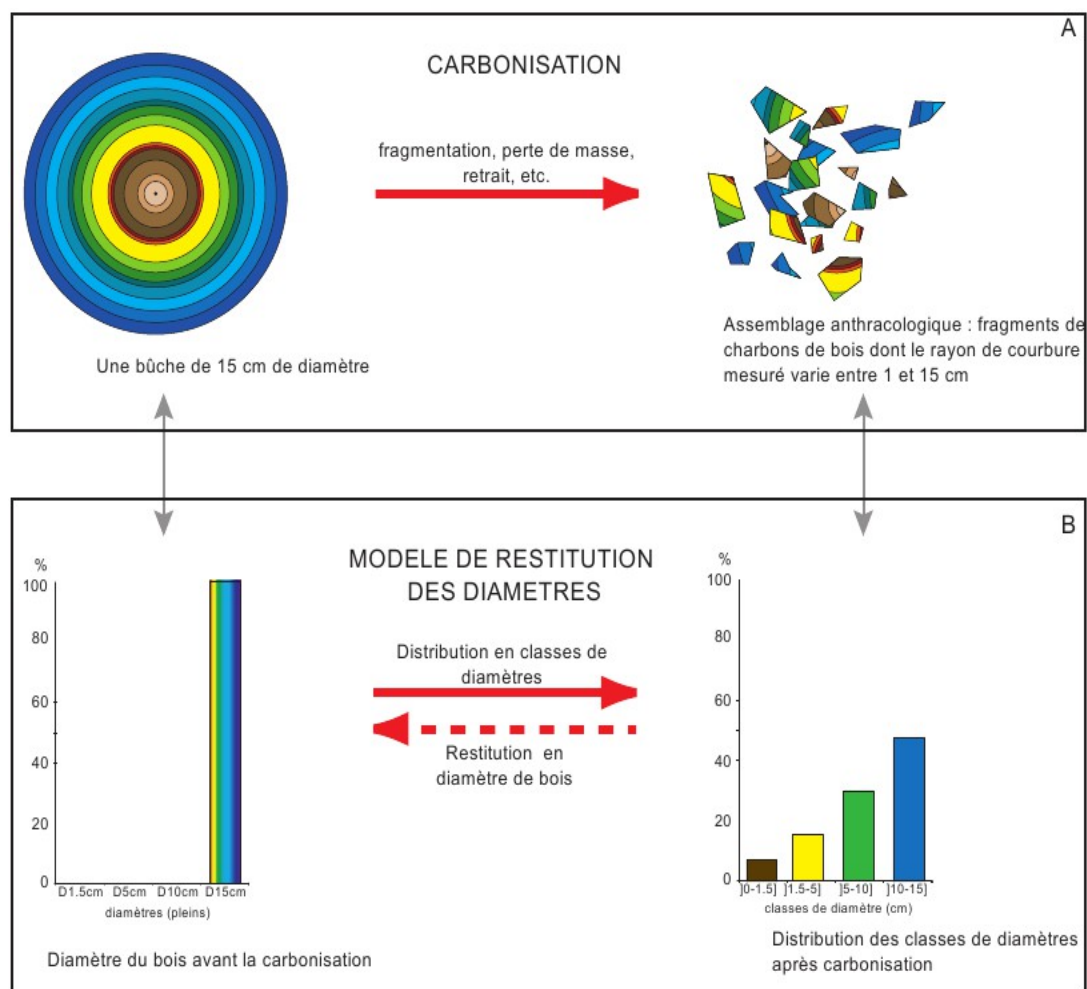


Fig. 14 – Principe du modèle de restitution des diamètres de bois (extrait de Dufraisse *et al.*, 2011).

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

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

L'étude a permis de déterminer entre six et sept taxons anthracologiques. La composition taxonomique des ensembles étudiés doit être interprétée en tenant compte de choix particuliers de combustibles. En effet, la diversité des essences qui est parfois constatée n'est pas forcément le reflet d'une formation végétale ligneuse naturelle environnant le site. En l'absence de véritable association taxonomique, il n'est alors pas possible d'avancer d'interprétation d'ordre paléo-écologique solide.

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

Le chêne (*Quercus sp.*) à feuilles caduques correspond indifféremment, dans le domaine géographique considéré, essentiellement au chêne pédonculé et sessile. Le chêne est surtout apprécié comme bois de charpente mais aussi comme combustible, c'est un bon charbon de bois autrefois estimé en métallurgie (Rameau *et al.*, 1989). Il donne de bonnes braises et sa combustion est excellente. C'est un bois difficile à travailler, mais solide pour les constructions. Il est identifié dans les prélèvements n°001, 005 et 009.

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

Remarque sur la détection du châtaignier :

La présence du châtaignier (*Castanea sp.*) sur ce site reste hypothétique car c'est la détection d'un critère anatomique (les rayons multisériés) qui permet de le différencier du chêne. Or, sur les petits fragments, l'absence de ce critère n'est pas forcément significatif du châtaignier, d'où la nécessité du taxon « chêne-châtaignier » (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*). Toutefois, le nombre relativement élevé de fragments dépourvus de rayons multisériés observés laisse supposer une présence très probable du châtaignier, en particulier dans le prélèvement SMDV 19 S3 (AF7).

Le hêtre (*Fagus sp.*) est une espèce de forêt caducifoliée (chênaie – hêtraie) de large amplitude. Il appartient le plus souvent à des forêts fraîches et mûres. C'est une essence d'ombre en climat sec et de lumière en climat humide. Il offre un bois homogène sans duramen distinct se travaillant assez facilement. C'est un bois dur à fine écorce. Son utilisation est très variée : objets ménagers, manches d'outils, mobilier. Il peut aussi être utilisé dans la construction, mais plutôt pour les menuiseries intérieures car il est sensible à l'humidité. Il n'est pas adapté pour la structure d'une charpente, mais davantage pour l'ébénisterie, parquets, lambris, escaliers et pièces nécessitant un cintrage. Il constitue un excellent bois de

chauffage et fournit un charbon très estimé. Toutefois, il peut être difficile à allumer, l'utilisation de petit bois provenant d'un arbre léger peut aider à l'allumage.



Le hêtre est décrit dans l'atlas du bois de Schweingruber (2011), comme un bois « peu abondant à relativement fréquent dans le matériel des couches archéologiques protohistoriques, en particulier sous la forme de copeaux. Rarement employé comme pieux, relativement fréquent dans les pièces coudées constituées par la ramification d'une branche avec le tronc ». Il est identifié dans tous les prélèvements.

Fig. 15 – Représentation du hêtre (*Fagus sylvatica*), extrait de l'encyclopédie Larousse.

Le noyer (*Juglans sp.*, probablement le noyer commun *Juglans regia*) a été identifié. C'est une essence de climat assez doux qui reste sensible aux gelées. C'est une espèce héliophile et mésophile à méso-hygrophile. Il serait originaire des Balkans et aurait été planté un peu partout en France depuis l'époque gallo-romaine. Il serait « subspontané » dans les zones alluviales (Rameau *et al.*, 1989). Néanmoins, on le trouve régulièrement dans les études polliniques parfois de façon très ancienne. Il a parfois été cultivé pour ses noix à amandes comestibles. Il fournit un bois homogène à gros pores, duramen brun à brun-noir, facile à travailler, se courbant très bien, de très grande valeur, très recherché. Il est très régulièrement utilisé en ébénisterie, en tournerie, sculpture, marqueterie. Il fournit un bois de densité moyenne à forte donnant un bon combustible et un charbon estimé.

Les **Prunoïdées** dont le genre *Prunus sp.* (ex. merisier, cerisier, prunellier) sont des essences héliophiles ou de demi-ombre se rencontrant aussi bien dans les lisières de bois, dans des bois clairs, des landes ou en forêts caducifoliées ouvertes. Il n'est pas rare de les retrouver associés aux Genistae (Fabacées).

Les bois de *Prunus* sont des bois denses et considérés comme de très bons combustibles, souvent employés sous la forme de bois de petit calibre (ex. type fagot), et privilégié pour générer des combustions vives telles que lors de phases d'allumages.

Malgré leurs duretés ce sont des bois qui se travaillent bien. Leurs grains d'une grande finesse et d'un poli exceptionnel, oriente les produits de qualité vers la lutherie, le tranchage pour des placages haut de gamme, la marqueterie, la tournerie, la sculpture et la gravure.

Les **Fabacées** ligneuses forment une famille regroupant notamment le **genêt** (*Cytisus sp.*) et les ajoncs (*Ulex sp.*). Ce sont des essences héliophiles voire de demi-ombre se rencontrant surtout dans des landes arbustives (ou « landes fourrés ») et les friches. On peut retrouver aussi ces taxons en lisières de forêts caducifoliées, dans des bois clairs, dans des haies. Les associations de landes arbustives se retrouvent souvent dans des secteurs en cours de recolonisation végétale suite par exemple à une levée de pression des activités humaines (ex. terres cultivées abandonnées, espaces défrichés puis abandonnés...). Ces essences fournissent du bois de petit calibre, utiles notamment pour l'allumage des combustions.

La famille des **Ericacées ou bruyères**, comprend de nombreux genres existant dans les contextes méditerranéens et collinéens. Ce sont des végétations arbustives généralement assez rustiques. En contexte collinéen ces bruyères sont détectées dans des formations de boisements clairs, de fourrés (landes-fourrés) appartenant à la série dynamique de la chênaie et de la chênaie-hêtraie. La formation de landes est le niveau dynamique où les bruyères sont le mieux représentées (souvent associées aux Fabacées de type genêt). Ces landes sont généralement la conséquence d'importants défrichements et de sur-exploitations des sols. D'autres contraintes (vents, pauvreté des sols, mauvaises expositions, piètements, activités pastorales) peuvent aussi contribuer à la stabilisation de ces formations végétales. De façon générale, ces landes sont caractérisées par une forte inflammabilité et combustibilité.

Les bruyères telles que la callune (*Calluna vulgaris*), la bruyère cendrée (*Erica cinerea*), ou la bruyère ciliée (*E. ciliaris*), (...) participent fortement à ces formations ouvertes : landes rases et boisements clairs, landes-fourrés mais aussi tourbières, lisières forestières (chênaies et hêtraies), pelouses. Les bruyères constituent 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).

3. RESULTATS D'ANALYSE ET INTERPRÉTATION

Les analyses anthracologiques portent sur trois prélèvements distincts (Fig. 1).

Ils correspondent à trois contextes fonctionnels et temporels différents :

- Le prélèvement du secteur S3 (SMDV19) semble être associé à un contexte de confection d'une meule encore en place. La datation C14 permet une attribution possible au XIII^e siècle apr. J.-C. ;
- Le prélèvement du secteur S7 (SMDV22) est associé au comblement d'une carrière de pierres qui serait largement postérieur à l'exploitation des meules puisqu'une datation radiocarbone situerait cette phase vers les périodes du XVII^e et XVIII^e siècles ;
- Le prélèvement du secteur S14 (SMDV25) concerne une tranchée liée à la présence d'un important bloc de granite non anthropisé. La datation est en cours.

Les résultats correspondant à ces trois ensembles sont présentés ci-après en trois parties distinctes.

3.1. Prélèvement associé au secteur S3 (AF7) - SMDV19

a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Combustion							Aspect granuleux	Thylle	Moelle
			Faible	Intermédiaire	Forte	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform.				
SMDV 19 S3 (AF7)	Fabacée type Cytisus	34	0	0	34	0	8	1	0	0	7	0	0	0	11
	Fagus sylvatica	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	rag. de brindille indéterminé	3	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
	Frag. écorce	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Quercus/Castanea	8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
SOMMES		51	0	1	44	0	9	1	0	0	8	1	1	1	15

Fig. 16 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement SMDV19 – S3 (AF7)

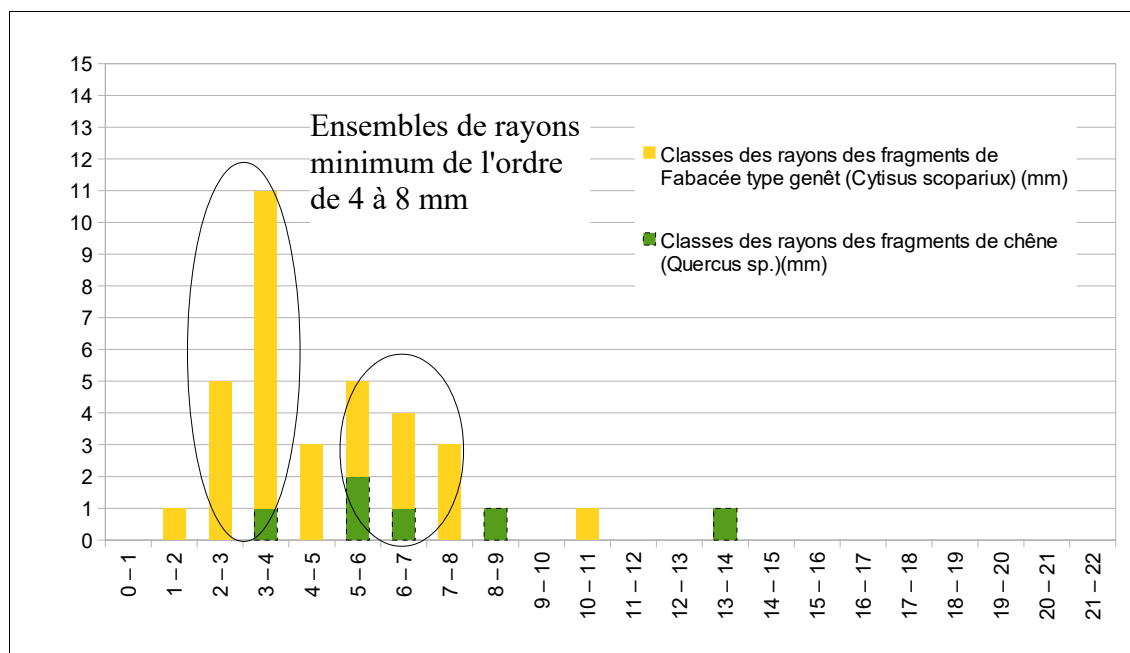


Fig. 17 – Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales calculées pour des fragments de chêne/châtaignier et genêt du prélèvement n°SMDV19 – S3 (AF7).

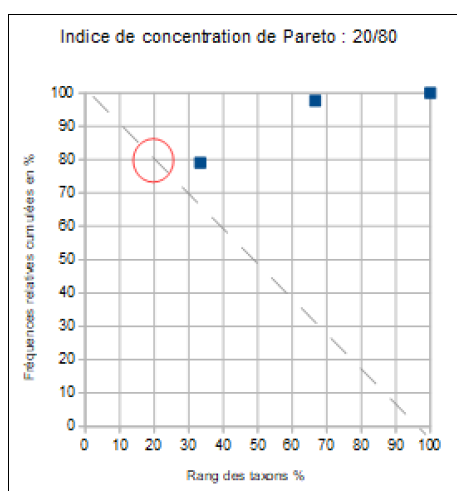


Fig. 18 – Indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des charbons provenant du prélèvement SMDV19 – S3 (AF7). Le calcul a été effectué sur les effectifs de trois taxons anthracologiques. 43 charbons ont été retenus pour le calcul.

b. Interprétations

51 charbons ont été observés pour le prélèvement du secteur 3 (SMDV19), associé au contexte de confection d'une meule.

Trois taxons anthracologiques ont été identifiés (Fig. 19). Par ordre d'importance on constate des charbons de type genêt (Fabacée type *Cytisus scoparius*), de hêtre (*Fagus sylvatica*) et chêne-châtaigner (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*). Quelques fragments d'écorce et de brindilles indéterminée ont aussi été observés (Fig. 19).

Le taxon anthracologique « chêne-châtaigner » est surtout lié à la difficulté de distinguer le chêne du châtaignier pour les petits fragments (cf. notes à ce sujet chapitre 2.5.). Toutefois, compte tenu du nombre de fragments observés, parfois assez gros, de la forme des rayons souvent uni- et bisériés, l'hypothèse de la présence du châtaignier est assez probable.

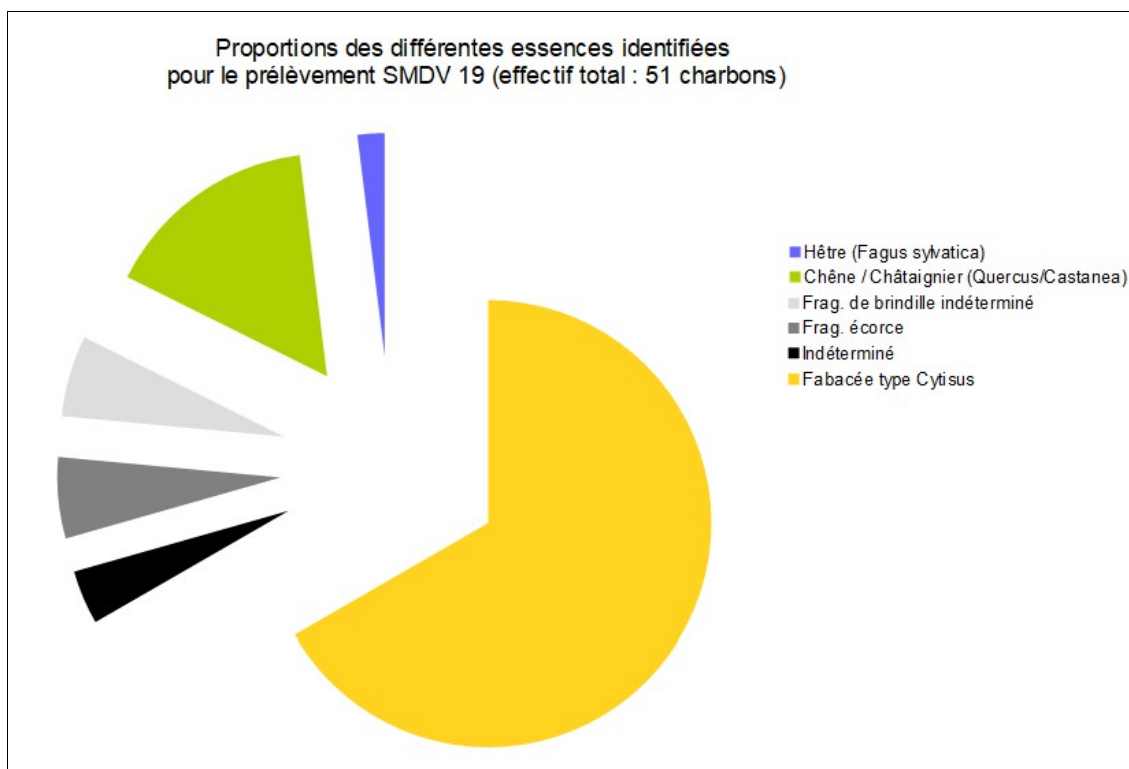


Fig. 19 – Représentation des proportions des différents taxons identifiés pour le prélèvement SMDV19 – S3 (AF7) sous la forme d'un « camembert éclaté ».

L'observation des courbures de cernes montre une très nette prédominance des fragments présentant une forte courbure (98 %) (Fig. 16). Cette caractéristique indique que les combustibles utilisés étaient essentiellement constitués de bois de petit calibre, voire de brindilles. Des estimations de rayons minimum (ou calibration) ont pu être réalisées sur une trentaine de fragments conservant une section entière ou partielle (Fig. 17). Les histogrammes mettent principalement en évidence l'utilisation de petits bois de genêt et de chêne/châtaigner, présentant des rayons d'environ 4 à 8 mm.

Les essences telles que le chêne et le hêtre correspondent à des bois denses, produisant des braises durables et à fort pouvoir calorifique. Elles peuvent ainsi être considérées comme d'excellents combustibles pour alimenter et maintenir un feu. À l'inverse, le genêt est un bois plus tendre, s'enflammant rapidement et produisant

une combustion vive et intense, mais de courte durée. L'association de ces différents combustibles suggère donc une complémentarité fonctionnelle : les petits bois et les brindilles de genêt auraient favorisé l'allumage ainsi que l'obtention d'une flamme vive, tandis que le chêne et le hêtre auraient assuré l'entretien de la combustion sur une plus longue durée.

La forte proportion de brindilles de genêt laisse d'ailleurs supposer que cette essence ne constituait pas un simple combustible opportuniste, mais qu'elle jouait un rôle important dans les propriétés recherchées du foyer, notamment pour produire une combustion vive et rapidement efficace.

La proportion de fragments présentant un aspect luisant est relativement importante (35 %), dont 17 % de charbons « fondus-luisants ». Cette proportion demeure toutefois insuffisante pour attribuer ces vestiges à des combustions très chaudes et durablement anaérobies, telles que celles observées dans des structures de type four. Les aspects luisants correspondent plus vraisemblablement à un premier stade de vitrification, caractéristique de conditions de combustion localement très chaudes et réductrices (Blaizot *et al.*, 2004). L'hypothèse d'une combustion en foyer apparaît ainsi la plus probable. Les aspects luisants observés sur certains fragments résulteraient d'effets localisés, par exemple au fond du foyer. Le petit calibre des bois est un autre facteur ayant pu favoriser le phénomène sur certains charbons (Oilic, 2011).

Par ailleurs, les charbons montrant des fentes de retrait sont en très faibles quantités (environ 2%). Ces observations caractérisent un bois brûlé à l'état sec (non vert). Ce constat implique une sélection du bois lors de la collecte, peut-être aussi un stockage préalable à l'emploi.

Afin de caractériser les modalités de collecte du combustible, un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été réalisé à partir des trois taxons anthracologiques clairement identifiés (Fig. 18). Cet indice repose sur le principe selon lequel, dans une communauté végétale en équilibre, environ 20 % des taxons représentent près de 80 % de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999). En raison du très faible nombre d'essences identifiées, les résultats obtenus demeurent toutefois peu démonstratifs (Fig. 18). Cette faible diversité des essences traduit néanmoins une sélection manifeste des combustibles. Celle-ci peut en partie refléter la composition de la végétation ligneuse disponible à proximité immédiate du site, vraisemblablement dominée par des formations de type « landes fourrés » de genêt. Toutefois, elle pourrait également résulter de choix techniques privilégiant des bois de très petit calibre. En effet, ce type de combustible favorise des combustions vives et intenses, caractéristiques qui pourrait avoir été recherchées dans le cadre de l'activité de confection des meules (?).

3.2. Prélèvement associé au secteur S7 (E/F/G) – US 702/703-SMDV22

a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle	Moelle
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform	Aspect granuleux		
SMDV 22 - S7 (E/F/G) US 702/703	Fabacée type Cytisus	26	0	0	26	0	0	1	10	1	0	0	11	0	0	13
	rag. de brindille indéterminé	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Frag. écorce	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Indéterminé	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	Juglans sp.	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Prunus sp.	7	0	5	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0
	Quercus/Castanea	10	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	Quercus sp.	16	1	8	5	1	1	3	2	0	0	0	0	0	2	2
SOMMES		70	1	22	38	1	1	4	15	4	0	0	11	1	3	17

Fig. 20 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour le prélèvement sur le secteur S7 (E/F/G) – US 702/703 – SMDV22.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	1	4	0,85	0	0,85	0,85

Fig. 21 – Tableau et histogramme des mesures de largeurs de cerne (mm) réalisées sur les charbons de chêne présentant une courbure faible à intermédiaire. Prélèvement du secteur S7 – US 702/703

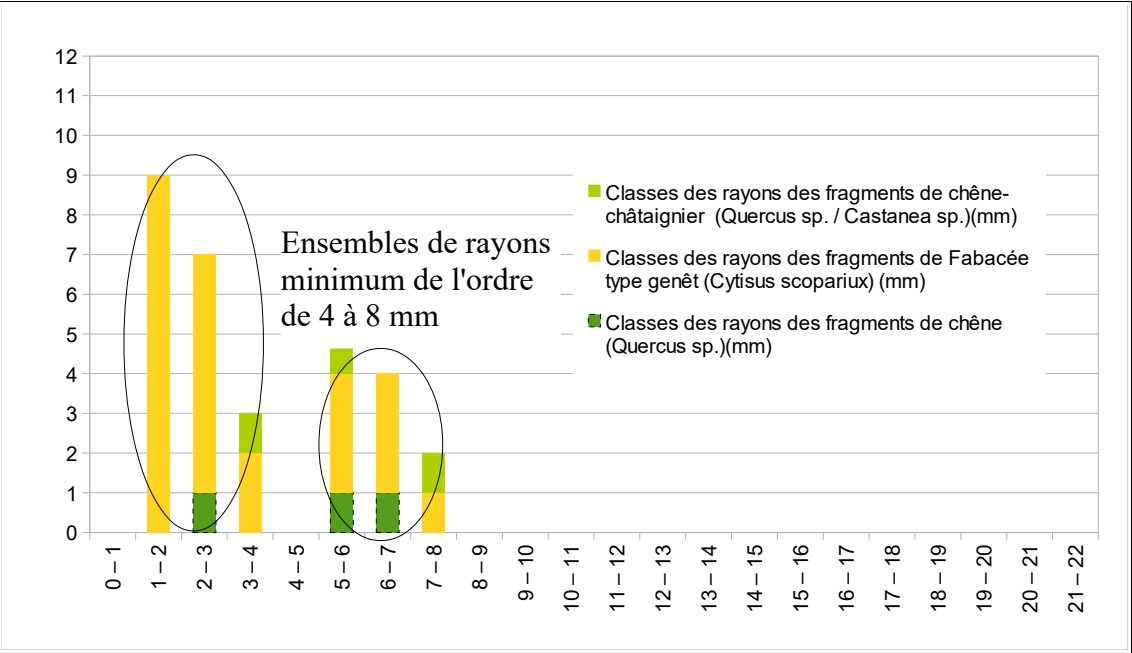


Fig. 22 – Distribution des rayons mesurés ou des positions radiales calculées pour des fragments de chêne, chêne/châtaignier et genêt du prélèvement n°SMDV22 – S7 (E/F/G) – US 702/703.

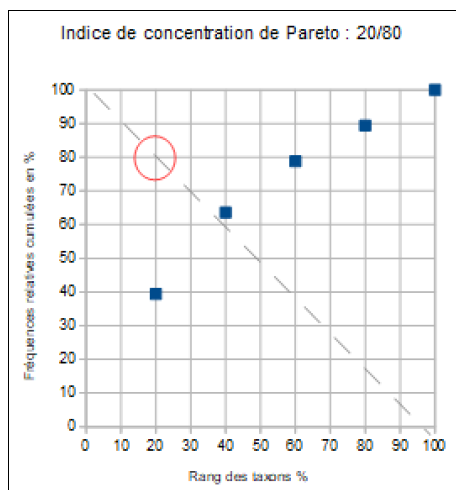


Fig. 23 – Indice de concentration de Pareto pour l'ensemble des charbons provenant du prélèvement SMDV22 – S7 (E/F/G) – US 702/703. Le calcul a été effectué sur les effectifs de cinq taxons anthracologiques observés. Les fragments de chêne et de chêne-châtaigner ont été pris en compte séparément. 66 charbons ont été retenus pour le calcul.

b. Interprétations

Ce prélèvement charbonneux est associé à un contexte de carrière de pierres, postérieur à l'exploitation des meules. Une datation C14 attribuerait ce prélèvement à la période des XVII^e / XVIII^e siècle ap. J.-C.

70 charbons ont été observés dans ce prélèvement. Ils correspondent principalement à du genêt (Fabacée type *Cytisus scoparius*), à du chêne, à des charbons de type chêne-châtaignier (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*), du noyer (*Juglans sp.*) et du genre *Prunus* (type cerisier).

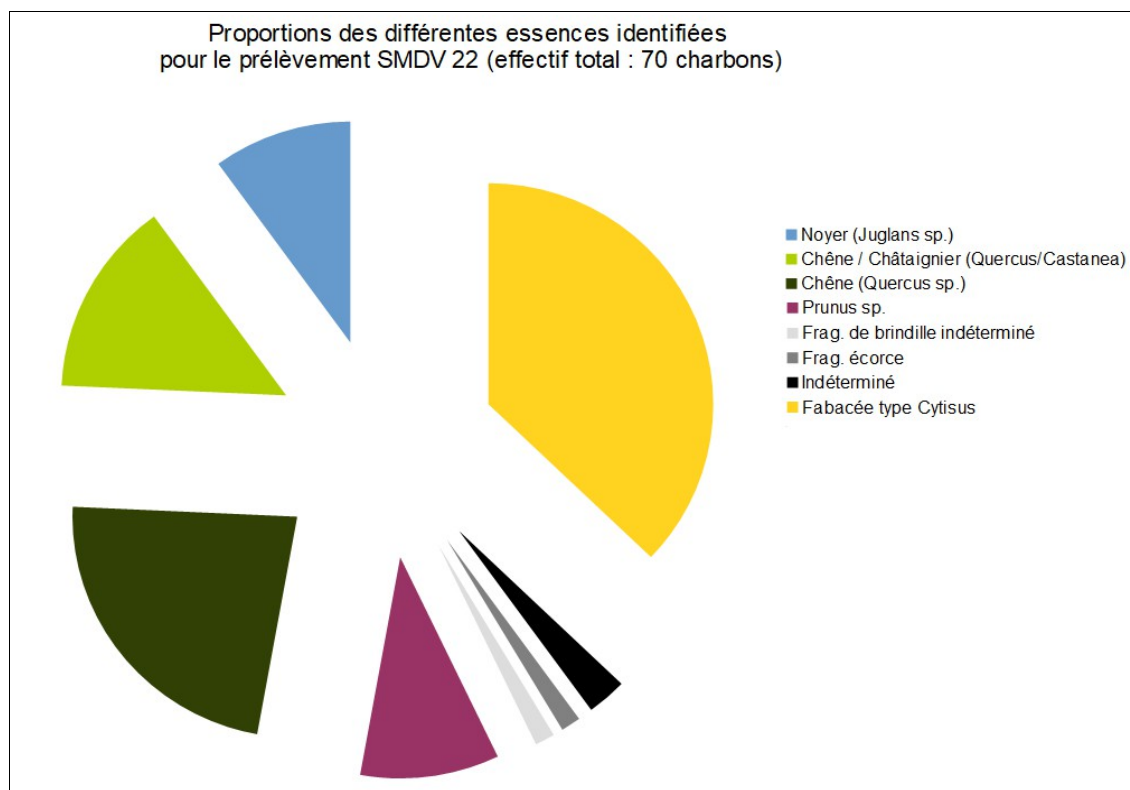


Fig. 24 – Représentation des proportions des différents taxons identifiés pour le prélèvement SMDV22 – S7 (E/F/G) – US 702/703, sous la forme d'un « camembert éclaté ».

L'analyse des courbures de cernes met en évidence une prédominance de fragments présentant une forte courbure, caractéristique de bois de petit calibre. Cette tendance est particulièrement marquée pour le genêt, dont les calculs de calibration réalisés sur plusieurs fragments indiquent des rayons minimaux compris entre 4 et 8 mm. Les charbons de chêne, de *Prunus* et de noyer présentent en revanche davantage de courbures intermédiaires, traduisant l'utilisation de branches légèrement plus grosses, probablement de quelques centimètres de diamètre (Fig. 20 et 22).

L'observation de l'aspect des charbons révèle une proportion importante de fragments luisants (environ 43 %), parmi lesquels 18 % présentent un aspect fondu et très brillant. Ces caractères peuvent être interprétés comme un premier stade de vitrification, généralement associé à des conditions de combustion chaudes et réductrices (Blaizot et al., 2004). Ils évoquent notamment des combustions confinées et prolongées, par exemple en fond de foyer. Le faible calibre des bois employés, en particulier celui du genêt, a également très probablement favorisé le développement de ce phénomène (Oilic, 2011).

Les essences identifiées présentent des propriétés combustibles complémentaires. Le chêne, le noyer et dans une moindre mesure, le châtaignier et le genre *Prunus*, correspondent à des bois denses produisant des braises durables à fort pouvoir calorifique et peuvent ainsi être considérés comme de bons combustibles. À l'inverse, le genêt est un bois plus tendre, assurant une combustion vive et rapide mais de courte durée. L'association de ces différents taxons suggère l'emploi conjoint de bois destinés à entretenir durablement le foyer (chêne, châtaignier, noyer, *Prunus*) et de bois facilitant l'allumage ou la montée rapide en température (genêt). Il en résulte que cet assemblage en combustible a dû générer une combustion assez intense.

Par ailleurs, les charbons présentant des fentes de retrait sont peu nombreux (environ 10 %), ce qui suggère que le combustible était majoritairement constitué de bois sec au moment de son utilisation.

Afin de caractériser les modalités d'approvisionnement en combustible, un calcul de l'indice de concentration de Pareto a été réalisé à partir des cinq taxons anthracologiques identifiés (Fig. 23). Ce calcul repose sur le principe selon lequel, dans une communauté végétale en équilibre, environ 20 % des essences représentent près de 80 % de la biomasse (Chabal *et al.*, 1999).

Les proportions observées s'écartent sensiblement de ce modèle théorique (cf. graphique Fig. 23). Cette différence pourrait s'expliquer par le faible effectif étudié (66 charbons), mais elle traduit plus probablement un approvisionnement sélectif en combustible. Au regard des calibres observés, il est plausible que les collectes aient privilégié des bois de petit diamètre, favorisant ainsi des essences produisant naturellement de fines branches, telles que le genêt ou le genre *Prunus* (ex. prunellier), au détriment d'espèces générant des branches plus grosses, comme le chêne. Ce choix apparaît cohérent avec l'hypothèse de combustions recherchées pour leur intensité, déjà suggérée par la forte proportion de charbons luisants. Dans tous les cas de figure, il ne s'agit probablement pas d'un ramassage de « tout venant ».

Remarque : le contre-exemple serait celui des foyers domestiques avec des collectes régulières de bois de « tout-venant », généralement beaucoup plus diversifiés tant au niveau des essences que des calibres de bois utilisés. De nombreux travaux ont montré que l'exploitation du combustible ligneux, notamment en contexte domestique, est en moyenne, peu sinon pas sélective (Chabal, 1992, 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.

Enfin, des mesures de largeurs de cernes ont pu être réalisées sur un charbon de chêne permettant de calculer une moyenne très faible d'environ 0,85 mm / an (Fig. 21). Cette moyenne est caractéristique de contextes de croissance difficiles, peut-être un environnement contraignant (sols pauvres, humides, mal exposés...) ou un milieu soumis à des compétitions inter- ou intraspécifiques vis-à-vis des ressources naturelles (ex. un boisement dense). Au regard du faible nombre de mesure (un seul charbon), il faut considérer ce résultat avec prudence.

3.3. Prélèvement associé au secteur S14 US 1403 - SMDV 25

a. Résultats

Identifiants – prélèvements	Nom Espèce	Effectif	Courbure			Rythme		Combustion							Thylle	Moelle
			Faible	Intermédiaire	Forte	Régulier	Particulier	Fendu	Dur/ Luisant	Fendu / Luisant	Scoriacé - magma informe solidifié	Fendu / Luisant / noeud	Fendu très brillant - struct. Inform.	Aspect granuleux		
SMDV 25 S14 US1403	Erica type cinerea	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fabacée type Cytisus	12	0	0	12	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	8
	Fagus sylvatica	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Juglans sp	18	1	14	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
	Quercus/Castanea	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Quercus sp.	8	2	4	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0
SOMMES		42	3	19	14	4	0	3	2	0	0	1	0	0	5	8

Fig. 25 – Liste des taxons et mesures dendrologiques effectuées pour les prélèvements SMDV 25 S14 – US 1403.

Espèce	Courbure	Rythme	Nb Bois	Nb cerne	Moyenne	Ecart Type	Minimum	Maximum
Quercus sp.	Faible et intermédiaire	Régulier	4	17	1,1	0,58	0,4	1,8

Fig. 26 – Tableau des résultats et histogramme des mesures de largeurs de cerne réalisées sur les charbons de chêne (*Quercus sp.*) présentant une courbure faible à intermédiaire pour le prélèvement SMDV 25 S14 – US 1403.

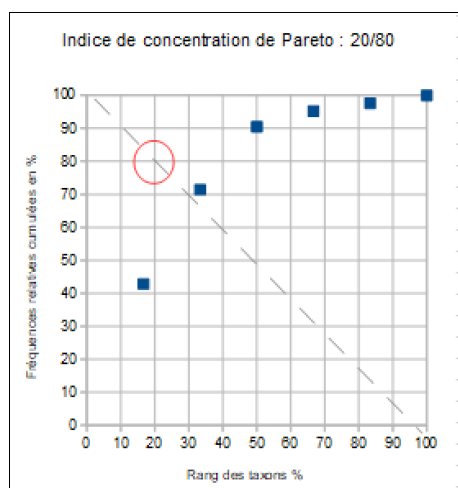


Fig. 27 – Indice de concentration de Pareto pour les charbons provenant du prélèvement n° S14 – US 1403 SMDV 25. Le calcul a été effectué sur les effectifs de six taxons anthracologiques. Les fragments de chêne et de chêne-châtaigner ont été pris en compte séparément. 42 charbons ont été retenus pour le calcul.

b. Interprétations

Le prélèvement provient d'une zone de décapage (une tranchée de 12m x 2m) destinée à retrouver de potentielles traces d'occupation.

Une quarantaine de charbons a pu être observée. L'analyse permet d'identifier cinq à six essences de bois. Par ordre d'importance on constate des charbons de noyer (*Juglans sp.*), de type genêt (Fabacée type *Cytisus scoparius*), de chêne (*Quercus sp.*), de chêne-châtaigner (*Quercus sp. / Castanea sp.*). Dans une moindre mesure, quelques fragments de hêtre (*Fagus sylvatica*) et de bruyère (Ericacée) ont aussi été observés (Fig. 28).

La détection du noyer et la forte proportion du genêt tendraient à rapprocher cet ensemble à celui du prélèvement SMDV22 – S7 (E/F/G) – US 702/703.

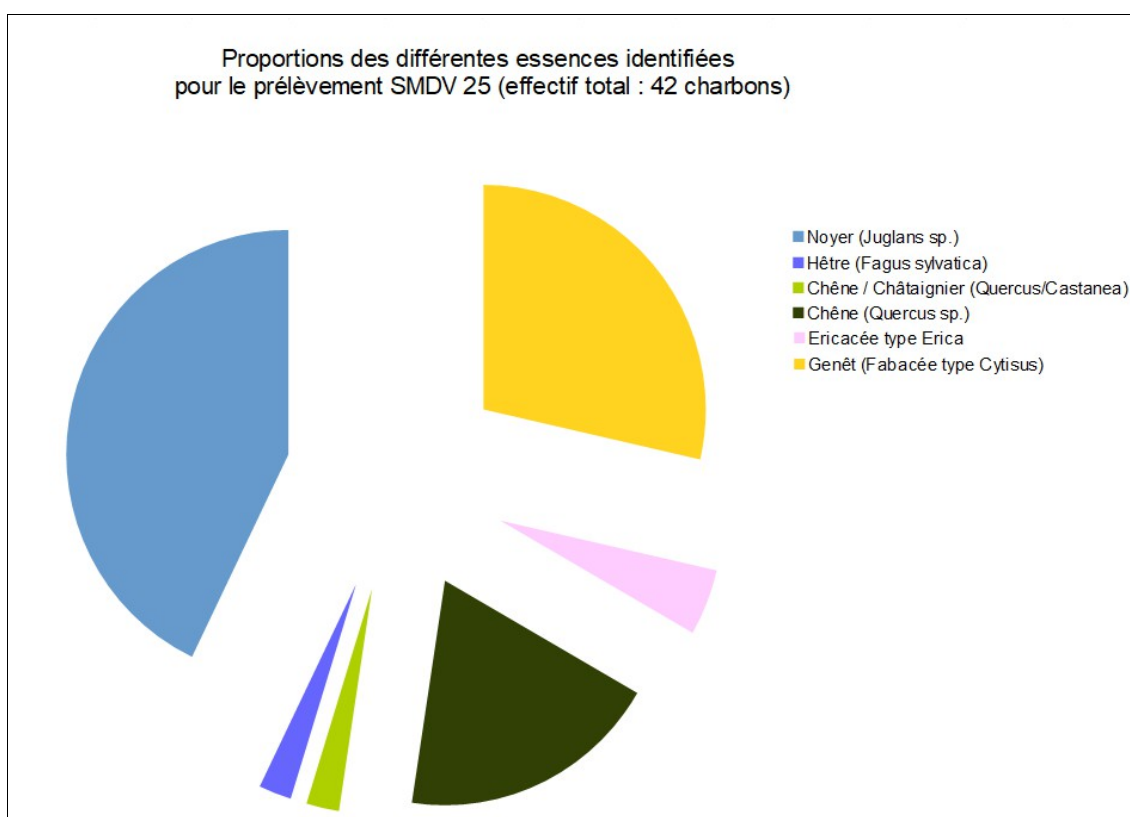


Fig. 28 – Représentation des proportions des différents taxons identifiés pour le prélèvement « SMDV 25 S14 – US 1403 », sous la forme d'un « camembert éclaté ».

L'observation des courbures de cernes met en évidence une prédominance de fragments présentant des courbures moyennes (53 %) et fortes (39 %). Seuls trois charbons présentent une faible courbure (fig. 25). Ces données indiquent que les combustibles utilisés proviennent majoritairement de bois de petites branches, probablement de quelques centimètres de diamètre, voire exclusivement de brindilles dans le cas du genêt. Quelques pièces de bois de plus forte section ont également été utilisées, mais de manière plus ponctuelle.

Les essences telles que le noyer, le chêne, le hêtre, voire le châtaignier, correspondent à des bois denses et relativement durs, susceptibles de produire des braises à fort pouvoir énergétique et d'assurer une combustion prolongée. Elles peuvent ainsi être considérées comme de « bons combustibles ». À l'inverse, le genêt correspond à un bois plus tendre, s'enflammant rapidement mais offrant une durée de combustion plus limitée. Il apparaît ainsi que le noyer et le chêne, voire le hêtre et le châtaignier, ont probablement été sélectionnés pour entretenir la combustion dans la durée, tandis que les brindilles de bruyère et de genêt ont pu jouer un rôle dans les phases d'allumage et de montée en température. La forte proportion de brindilles de genêt et, plus largement, de bois de petit calibre a toutefois probablement favorisé des combustions assez vives.

Les charbons présentant des fentes de retrait sont peu représentés (10 %). Dans l'ensemble, ces observations indiquent donc que le combustible a majoritairement été brûlé à l'état sec et non vert. Cette caractéristique implique une sélection préalable du combustible lors de la collecte et peut éventuellement suggérer l'existence d'un stockage avant son utilisation.

La proportion de fragments présentant un aspect luisant est également très faible (environ 7 %). Les charbons semblent donc principalement résulter de combustions essentiellement aérobies (cf. chap. 2.2. concernant le phénomène de « vitrification »). L'hypothèse de rejets issus de combustions ouvertes, de type foyer, apparaît ainsi la plus probable. Les rares surfaces luisantes observées sur certains fragments relèvent vraisemblablement de phénomènes localisés, possiblement liés à des conditions particulières en fond de foyer (Blaizot et al., 2004). Dans l'ensemble, la combustion semble avoir été bien oxygénée, les résidus charbonneux proviennent donc plutôt d'une combustion de type « foyer ouvert ».

En ce qui concerne la collecte du combustible, le calcul de l'indice de concentration de Pareto montre que le rapport d'équilibre est assez éloigné de celui théoriquement attendu dans une végétation naturelle (fig. 27), dans laquelle environ 20 % des taxons représenteraient près de 80 % de la biomasse (Chabal et al., 1999). Cette différence pourrait s'expliquer par un problème de représentativité des effectifs étudiés (insuffisants) mais très probablement aussi par des ramassages sélectifs ou à cause de contraintes de disponibilité du combustible dans l'environnement immédiat. Les proportions du noyer et du genêt notamment apparaissent très importantes.

Cette tendance est généralement caractéristique d'activités de type « artisanales » ou appartenant à un système technique nécessitant des choix en combustibles bien définis. A moins que cela ne soit dicté par la disponibilité du combustible, notamment la difficulté à se procurer des bois de gros calibre dans les alentours.

Enfin, quelques mesures de largeur de cernes ont pu être réalisées sur des fragments de chêne de courbure de cerne intermédiaire et faible, permettant d'obtenir une moyenne d'environ 1,1 mm/an (fig. 26). Cette valeur témoigne de conditions de croissance contraignantes. Elle peut correspondre à un environnement défavorable, notamment des sols pauvres ou une exposition limitée, mais également à un milieu soumis à une forte compétition inter- ou intraspécifique pour l'accès aux ressources, par exemple dans le cas d'un boisement dense.

4. BILAN

Cette étude apporte des éléments d'interprétation fondés sur l'analyse des vestiges ligneux. Un total de 163 fragments a été observé à partir de trois prélèvements charbonneux (Fig. 1).

4.1. Informations d'ordre paléo-environnemental

Six à sept 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 ramassages mais aussi aux usages du combustible. Dans le cadre de cette étude, des choix techniques en rapport avec la qualité de combustibilité du noyer, du chêne, du hêtre, voire du châtaignier ou bien des choix orientés vers des bois de petit calibre plus « légers », genêt, bruyère, sont probables.

L'identification des taxons ligneux permet de proposer différentes associations écologiques (Rameau *et al.*, 1989) (Fig. 29) :

- **les groupements de la chênaie-hêtraie et de la chênaie diversifiée** avec le chêne, (chêne-châtaignier), le hêtre, voire le noyer.
- **les boisements clairs, lisières forestières et haies** : avec la détection de la famille du genre *Prunus* (ex. merisier, cerisier) et le genêt.

Ces boisements forestiers et boisements clairs correspondent à des collectes de bois dans des secteurs bien drainés.

- **les formations de friches, landes, fourrés** sont suggérées par l'association de ligneux de la famille des Fabacées comme le genêt (*Cytisus scoparius*) ou l'ajonc (*Ulex sp.*), le genre *Prunus* (ex. le prunellier) ainsi que la bruyère.
- **les cultures (?)** : potentiellement le noyer.

Remarque à propos des essences de « landes fourrés » : L'identification potentielle d'espèces de landes, landes-fourrés (fruticées) est à souligner. Suivant une dynamique végétale bien connue, (Marguerie, 1992a), l'apparition puis le développement des végétations de landes sont la conséquence de défrichements précoces, potentiellement dès la Protohistoire, suivis de surexploitations agricoles (pastoralisme, cultures...) entraînant une dégradation générale des sols. Les déprises agricoles qui s'en suivirent ont probablement donné lieu à des recolonisations végétales sous forme de formations de landes et landes-fourrés dans les environs du site.

Remarque à propos du noyer : Le noyer a pu être introduit. En effet il a parfois été cultivé pour ses noix à amandes comestibles. Il fournit un bois homogène à gros pores, duramen brun à brun-noir, facile à travailler, se courbant très bien, de très grande valeur, très recherché. Il est très régulièrement utilisé en ébénisterie, en tournerie, sculpture, marqueterie. Il fournit un bois de densité moyenne à forte donnant un bon combustible et un charbon estimé.

	SMDV19 S3 (AF7)	SMDV22 S7 (E/F/G) – US 702/703	SMDV 25 S14 – US 1403
Groupes forestiers de la chênaie-hêtraie et chênaie diversifiée			
Boisements clairs, haies, lisières			
Formations de landes et fourrés (genêt)			
Essence cultivée ? (noyer)			

Fig. 29 – Tableau montrant les différents types de boisements explorés en fonction des différents contextes de prélèvement.

Les aires de collectes ont surtout recoupé des formations de type « chênaie et chênaie-hêtraie », des formations de « landes-fourrés » représentées par le genêt. Ces deux formations sont détectées dans les trois prélèvements.

Le noyer, provenant potentiellement de cultures, est identifié dans les prélèvements des sondage S7 et S14.

La détection de fragment du genre *Prunus* (prélèvement SMDV 22 – S7) correspond probablement à un ramassage dans un boisement clair.

Enfin, quelques mesures de largeur de cernes ont pu être réalisées sur des charbons de chêne de courbure intermédiaire à faible. Ces mesures ont permis de calculer des largeurs de cernes moyennes comprises entre 0,85 mm et 1,1 mm par an (Fig. 21 et 26). Ces valeurs traduisent des conditions de croissance difficiles, pouvant être liées à des facteurs abiotiques (sols pauvres ou hydromorphes, mauvaise exposition, pentes marquées, etc.) et/ou à des contraintes biotiques, telles qu'une forte compétition pour les ressources, par exemple au sein d'une chênaie dense.

4.2. Informations d'ordre ethnographique

L'analyse des trois compositions anthracologiques permet de distinguer deux ensembles.

- Les observations réalisées sur le prélèvement « **SMDV 19 – S3 (AF7)** », associé à une meule encore en place, montrent un combustible composé très majoritairement (98 %) de bois de petit calibre, essentiellement des brindilles de genêt et de petites branches de châtaignier. L'utilisation de ce type de combustible a probablement favorisé des combustions vives, mais de durée limitée.

Une proportion importante des charbons présente par ailleurs un aspect « luisant » (35 %), voire « fondu-luisant ». Ces caractéristiques sont généralement associées à des combustions de température élevée et à des conditions de combustion réductrices (anaérobies). Ces conditions ont pu être réunies dans des contextes de combustions « confinés » ou au sein d'installations de « type four »(?).

L'analyse statistique (Indice de Pareto) de cet ensemble montre qu'il s'agit vraisemblablement d'un ramassage sélectif, ce qui accrédirait plutôt l'hypothèse de rejets de combustible lié à une activité spécifique de « type artisanal » et non domestique.

- Les compositions des prélèvements « **SMDV22 S7 (E/F/G) US 702/703** » et « **SMDV25 S14 – US 1403** » présentent davantage de similitudes. Dans les deux ensembles, on retrouve notamment une prédominance du genêt, associé au noyer, au chêne et au chêne-châtaignier.

L'observation des courbures de cernes révèle une plus grande diversité dans les calibres de bois utilisés. Si les brindilles de genêt restent prédominantes, des petites branches de noyer et de chêne, présentant des courbures intermédiaires et correspondant probablement à des bois de quelques centimètres de diamètre, ont également été employées. L'utilisation de bois de plus gros calibre ne peut toutefois être exclue, les dimensions réduites de certains fragments ne permettant pas toujours d'estimer leur courbure de cerne.

L'association d'essences de bois dense, telles que le noyer, le chêne, le genre *Prunus*, avec des essences à bois plus tendre comme le genêt, peut probablement s'expliquer par des contraintes techniques liées à la conduite de la combustion. Les bois denses ou « lourds » produisent des braises durables et à fort pouvoir énergétique, tandis que les bois plus tendres s'enflamment rapidement et génèrent des combustions plus vives, mais de durée plus limitée. Le genêt a ainsi pu être utilisé préférentiellement lors des phases d'allumage et de montée en température, tandis que le noyer et le chêne auraient davantage contribué au maintien des combustions dans la durée.

La forte fréquence des charbons d'aspect mat, associée à la faible proportion de fragments luisants, renvoie à des conditions de combustion majoritairement aérobies. Ces caractéristiques sont donc compatibles avec des combustions de type « foyer ouvert ».

Les calculs de l'indice de concentration de Pareto réalisés sur ces deux ensembles montrent également des proportions qui s'écartent des rapports d'équilibre théoriquement attendus dans les communautés végétales naturelles. Ces écarts peuvent certes être liés à la représentativité limitée des assemblages étudiés, dont les effectifs et la diversité taxonomique restent faibles (42 à 66 charbons pour cinq

à six taxons). Ils pourraient toutefois plus probablement traduire des pratiques de collecte sélectives ou des contraintes liées à la disponibilité des combustibles dans l'environnement immédiat.

Dans les deux cas, les données suggèrent notamment une collecte privilégiant les bois de petit à moyen calibre. Cette sélection peut être caractéristique d'activités de type « artisanal » ou, plus largement, d'un système technique nécessitant des choix relativement précis dans la sélection des combustibles. Elle pourrait cependant également résulter de contraintes d'approvisionnement, notamment de difficultés à se procurer des bois de plus gros calibre dans l'environnement proche.

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.

CENZON-SALVAYRE C., 2014 - *Le bûcher funéraire dans l'Antiquité : une approche archéologique, bioarchéologique et historique d'après l'étude des structures de crémation en Gaule méridionale*. Archéologie et Préhistoire. Volume 1. Université du Maine, 2014. 444 p.

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.

EXCOFFON P., 2010 - *Une tombe à incinération du premier âge du fer au quartier du Capitou à Fréjus (Var)*. BAP, 33, p. 19-26.

GAUDIN L., 2004 - *Les transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléo-paysagères*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, 2 tomes, 768 p.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

THERY-PARISOT I., 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

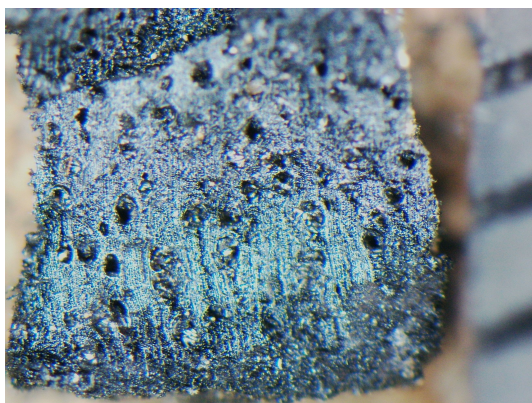


Fig. 30 – Fragment de noyer (*Juglans sp.*) de courbure de cerne forte à intermédiaire. Coupe transversale. Grossissement x31. Prélèvement n°SMDV25 S14. L'échelle représente des millimètres.

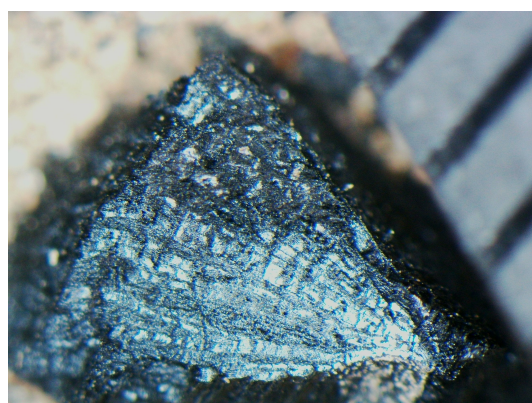


Fig. 31 – Fragment de Fabacée de type genêt (*Cytisus scoparius*) de forte courbure de cerne. Coupe transversale. Grossissement x24. Prélèvement n°SMDV25 S14. L'échelle représente des millimètres.

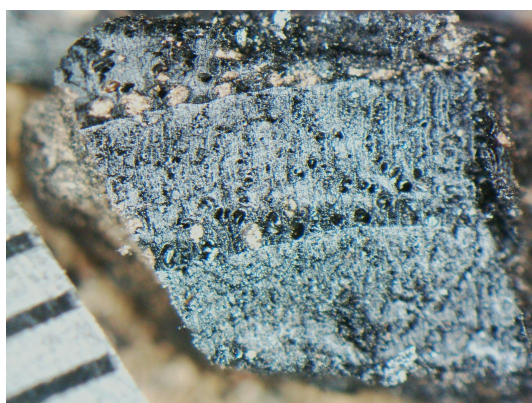


Fig. 32 – Fragment de chêne-châtaignier (*Quercus sp.* / *Castanea sp.*) de courbure de cerne forte à intermédiaire. Coupe transversale. Grossissement x7. Prélèvement n°SMDV22 S7. L'échelle représente des millimètres.